



أسرار الطاقة

منتدى اقرأ الثقافي

www.iqra.ahlamontada.com

بالأمس و اليوم



سهيل نعمة

لتحميل انواع الكتب راجع: (مُنْتَدَى إِقْرَأِ النُّقَافِي)

پدای دانلود کتابهای مختلف مراجعه: (مُنْتَدَى إِقْرَأِ النُّقَافِي)

پۆدابهزانەشی چۆرەها کتێب: (مُنْتَدَى إِقْرَأِ النُّقَافِي)

www.iqra.ahlamontada.com



www.iqra.ahlamontada.com

للكتيب (كوردی , عربي , فارسي)

أسرار الذرة

بالأمس و اليوم

أسرار الذرة

بالأمس و اليوم

سهيل نعمة



الدار العربية للعلوم - ناشرون ش.م.ل
Arab Scientific Publishers, Inc. S.A.L

الطبعة الأولى

1427 هـ – 2006 م

ردمك 9953-29-071-7

جميع الحقوق محفوظة للمؤلف

توزيع



الدائرة العربية للعلوم - ناشرون ش.م.ل
Arab Scientific Publishers, Inc. S.A.L

عين التينة، شارع المفتي توفيق خالد، بناية الريم
هاتف: 786233 - 785108 - 785107 (961-1)

ص.ب: 13-5574 شوران - بيروت 1102-2050 - لبنان
فاكس: 786230 (961-1) - البريد الإلكتروني: asp@asp.com.lb
الموقع على شبكة الإنترنت: http://www.asp.com.lb

المحتويات

7	مقدمة
10	نشأة العلوم الذرية وترعرعها
44	الإنجازات الكبرى
71	تقشي الأسرار
115	الأسرار المباحة
145	الصناعة النووية الحديثة

مقدمة

عندما يجري الكلام عن الطاقة الذرية فإن أول ما يتبادر إلى الذهن هو موضوع القنبلة الذرية وأسرار صنعها. والحقيقة أن معظم الأسرار العلمية لصنع القنبلة قد أصبحت مكشوفة، تُدرّس في الكليات العلمية وتُنشر في الكتب وعلى شبكة الإنترنت. إلا أن ذلك لا ينفي كون صنع تلك القنابل لا يزال بعيداً عن متناول الأفراد والجماعات، بل وعن معظم الدول. وليس ذلك بسبب جهل تلك الأسرار، بل لعدم توفر الصناعة المساندة والمهارات التقنية الضرورية لها.

وهكذا، فلو نظرنا إلى صناعة مكشوفة تماماً، كصناعة السيارات، نرى أن الميكانيكي الماهر، العارف بجميع أسرارها، يعجز عن صنع واحدة منها في بلد غير متطور، ما لم يستورد معظم أجزائها من الخارج. وقد يحتاج، رغم مهارته، إلى الإستعانة بخبرات خارجية لكي ينجح فعلاً في صنع سيارة لا تتعطل فور أن تسير!

فمن أين لمن يعمل في بلد غير متطور الصناعة تعدين ذلك المعدن الخاص الذي تصنع منه مكابس المحرك؟ ومن أين له أن يحصل على تلك المكونات الالكترونية التي تتحكم ببعض الوظائف؟ بل إن أشياء قد تبدو سهلة، مثل الصمّامات الحافظة

للضغوط أو الزجاج الأمامي، تحتاج لمصانع متخصصة لتأمينها. حتى ان كل قطعة من السيارة قد تحتاج في نهاية المطاف إلى صناعة مستقلة، أو إلى إستيراد من الخارج.

هذا الكتيّب يكشف الحجاب عن معظم أسرار الطاقة الذرية، المدنية منها والعسكرية، كما إنه يكشف كثيراً من الأسرار السياسية التي قد إكتنفت وما زالت تكتنف هذا الموضوع الخطير الذي يُخشى أن يؤدي يوماً إلى فناء الحياة من على وجه الأرض.

والغرض وراء كشف الأسرار الذرية هذه، هو وضعها بمتناول الجمهور الواسع، بدلاً من بقائها حكراً على الراسخين في العلوم العسكرية. وذلك كي يدرك الناس ما يجري من حولهم في السر والعلن، لعلهم يتنبّهون لخطورة الموقف، وإلى أن السلاح الذري سيف مسلط على رقابهم ورقاب أبنائهم، لا يتم الخلاص منه إلا بأن يتعاون جميع أهل الأرض على محوه من الوجود، اليوم وإلى الأبد.

أمّا من يسعى إلى غير ذلك، فلا حاجة به إلى مثل هذا الكتيّب. لأن الأسرار المكشوفة فيه مباحة ومنشورة في أماكن كثيرة، بتفاصيل أوسع وأرقام أدق، ولأن المعرفة النظرية للأسرار الذرية، مهما إتسعت، لا تكفي لإتقان صناعتها.

المؤلف





المجسم الأمامي يمثل قنبلة هيروشيما المسماة الولد الصغير
(Little Boy)

والمجسم الخلفي يمثل قنبلة ناغازاكي المسماة الرجل السمين
(Fat Man)

National Atomic Museum
Albuquerque, New Mexico, USA



www.iqra.ahlamontada.com

للكتب (كوردى , عربى , فارسى)

نشأة العلوم الذرية وترعرعها

إكتشاف الإشعاعات الذرية

في عام 1896 إكتشف العالم الفرنسي «هنري بيكرل» أن إشعاعات تنبعث من معدن «اليورانيوم»، وهو معدن لم يُعرف قبل ذلك إلا بحوالي قرن واحد، وأطلق عليه إسم أحد آلهة الأساطير الإغريقية. تلك هي ما نسمّيه اليوم الإشعاعات الذرية. إلا أن الذرة لم تكن معروفة في تلك الأيام، إلا بمعناها الفلسفي القديم، لذلك فإن إسمها لم يطلق على تلك الإشعاعات، إلا فيما بعد. تنبعث تلك الإشعاعات من معدن اليورانيوم وجميع مركّباته بشكل طبيعي وتلقائي، دون أن يقع على ذلك المعدن أي مؤثر خارجي. كذلك فإن غزارتها لا تزيد ولا تنقص بفعل الحرارة أو الكهرباء أو المؤثرات الكيميائية.

الإشعاعات المنبعثة من اليورانيوم غير مرئية، إلا أنها تؤثر على أوراق وأشرطة التصوير «الفوتوغرافية»، فتجعلها سوداء اللون، تماماً كما تفعل الأشعة الضوئية. فهي بذاك شبيهة بأشعة أخرى كان قد

تم إكتشافها قبل ذلك بشهور قليلة، وهي المعروفة اليوم بإسم «أشعة اكس».

إكتشف «أشعة اكس» العالم الألماني «رونجن» عام 1895، وهي التي تنبعث بمرور التيارات الكهربائية العنيفة في الأنابيب المفرغة من الهواء، وتُستعمل في التصوير الطبي لأجواف المرضى، لأنها تخترق الأجسام بنسب متفاوتة بحسب كثافة تلك الأجسام.

وبعض الأشعة المنبعثة من اليورانيوم أشد نفاذاً وإختراقاً من أشعة اكس.

تنبعث كذلك من اليورانيوم إشعاعات أخرى غير نفاذة، إلا أنها ذات تأثير كهربائي شديد. وذلك ما أدى في العام التالي إلى إكتشاف أول مكونات الذرة، المسمى «الكترن»، نسبة للكهرباء، فإن تلك الكلمة تعني مادة «العنبر» باليونانية، وعلاقته بالكهرباء معروفة، حيث أنه يُصبح مشحوناً بالكهرباء إذا تمّ فركه بقطعة من القماش.

تسارعت الأمور، وتزايد إهتمام العلماء بالمواد المشعة في العام التالي 1898 عندما إكتشف الزوجان «ماري وبير كوري» مادة مشعة نادرة، سموها الراديوم، تفوق اليورانيوم بغزارتها الإشعاعية حوالى مليون مرة.

ذلك لا يعني بأن إشعاعات الراديوم شديدة التوهج الحراري، رغم أنها أشد بكثير من إشعاعات اليورانيوم. فإننا لو إستطعنا جمع

طن من الراديوم (وذلك مستحيل لندرته) لا ينبعث منه طاقة حرارية تعادل ما ينبعث من موقد يستهلك صفيحة بترول في الساعة.

ذلك المقدار من الطاقة لا يبدو مثيراً للاهتمام، إلا أن المثير في المسألة هو أن الراديوم لا يكاد يُستنفذ، فلو مر عليه ألف عام لا يُستهلك منه إلا حوالى الثلث. فهو معين للطاقة لا يكاد ينضب! فماذا لو تمكن الباحثون يوماً من تسريع عملية الإشعاع تلك، بحيث تشتد غزارة الطاقة المنبعثة ألف مرة، ويقصر أجل المادة المشعة بالمقابل ألف مرة؟ ذلك يعني أن تنبعث من طن الراديوم طاقة تعادل ما يتولّد من ألف صفيحة بترول في الساعة، ولا يُستهلك من ذلك المعدن سوى حوالى ثلثه في عام كامل، وذلك يكفي لتشغيل مولدات للكهرباء تستهلك مليون برميل من البترول سنوياً!

أمّا مادة اليورانيوم المتوفرة بنسبة غير ضئيلة في الأرض، فلا يصعب جمع الأطنان منها. إلا أن الطاقة المنبعثة من اليورانيوم، وإن كانت نفاذة، فهي تخرق مقدار شبر من أشد الأجسام إمتصاصاً للإشعاعات، وهو الرصاص، إلا أنها لا تولّد الكثير من الحرارة. حتى أن مائة طن من اليورانيوم لا تشعّ حرارة من حولها إلا بمقدار ما ينبعث من شمعة واحدة.

ولكن، إذا كان اليورانيوم أضعف إشعاعاً من الراديوم بمليون مرة، فإنه بمقابل ذلك يدوم أطول من الراديوم بحوالى مليون مرة

كذلك، فلا يُستنفذ سوى جزء محدود منه بمرور مليار سنة!
و بالنتيجة فالمعدنان متعادلان تقريباً من حيث مخزونهما
للطاقة.

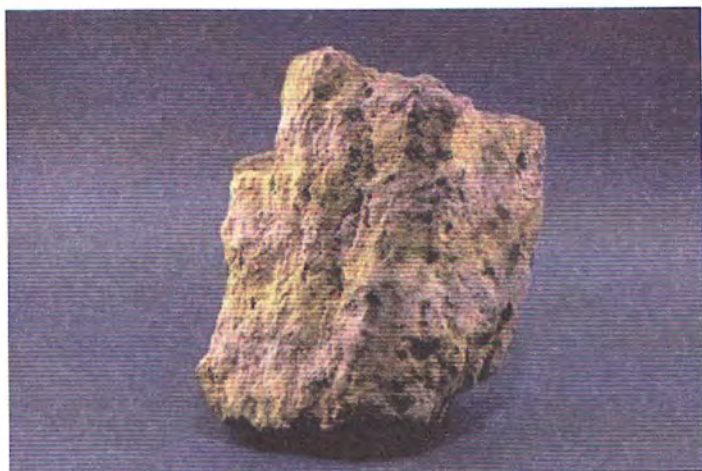
فماذا لو أمكن يوماً تسريع التفاعلات الذرية في اليورانيوم
بليار مرة، وهو وافر الوجود في الطبيعة، ومخزون الطاقة في برميل
واحد منه يعادل مخزون الطاقة في 20 مليون برميل من البترول؟
ذلك هو الأساس العلمي للمفاعلات الذرية!
بل ماذا لو أمكن تسريع تلك التفاعلات في بضعة كيلوغرامات
من اليورانيوم حتى تتم بكاملها خلال ثانية أو أقل؟
تلك هي القنبلة الذرية!

مرت أربعون عاماً والعلماء المدنيون يبحثون عن وسيلة لتسريع
التفاعلات الذرية بما يكفي لتشغيل محطة توليد الكهرباء أو تسيير
باخرة أو قطار، والعسكريون يبغون تسريعاً أشد، يحدث انفجارات
مدمرة. إلا أنهم لم يحققوا في ذلك أي تقدم، وبدأ أن تلك
التفاعلات التلقائية لا تُسرّع ولا تتباطأ تحت أي مؤثر، وما زات
كذلك حتى يومنا هذا.

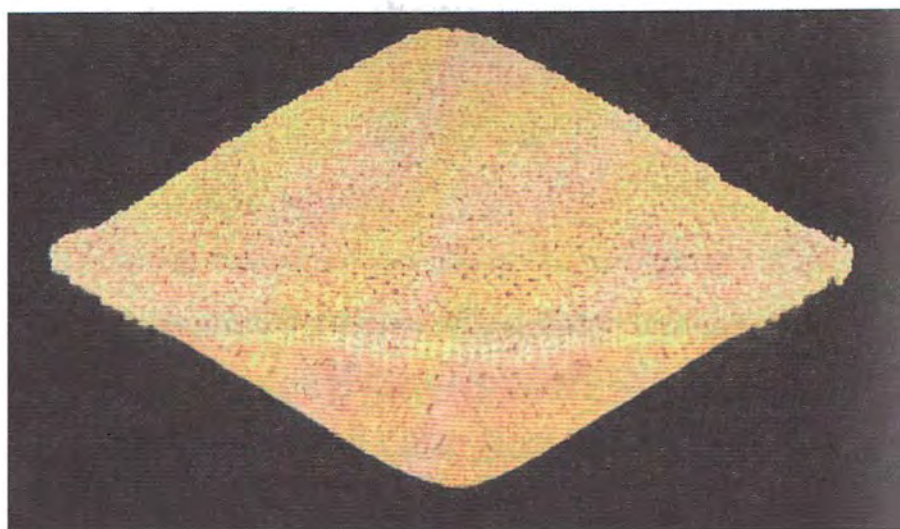
ثم حدث تطوّر خطير عام 1938، وهو إكتشاف تفاعلات ذرية
أخرى مشابهة للتفاعلات المذكورة، إلا أنها ليست طبيعية بل
مفتعلة، وهي قابلة للتسريع كما نشاء، فأدى ذلك إلى صنع أول
قنبلة ذرية في صيف عام 1945، أي بعد سبع سنوات فقط من
ذلك الإكتشاف.

أمّا محطات توليد الكهرباء بالطاقة الذرية فلم تظهر للوجود إلا بعد مرور تسعة أعوام على صنع أول سلاح ذري، لأن الدول العظمى كانت لاشكّ مشغولة آنذاك بالسباق إلى التسلّح، وكان يبدو أن لا حاجة للإسراع في إنتاج الكهرباء من الطاقة الذرية، وفي جوف الأرض من البترول والفحم ما كان يبدو كافياً لأكثر من قرن.

فكيف حدث كل ذلك؟



يورانيوم خام



يورانيوم طبيعي نقي

إكتشاف الذرة

ظلّ همّ الباحثين منصّباً خلال الأعوام الأربعين التي تلت إكتشاف ظاهرة الإشعاعات الذرية على محاولة فهم طبيعة التفاعلات المؤدية لها، فبدأ ذلك بالتحريّ عن تكوين المادة بشكل عام، والمواد المشعّة، مثل اليورانيوم، بشكل خاص.

تبين أن جميع ما على سطح الأرض وفي جوفها، بل وما في النجوم والكواكب، هو كناية عن مجموعة هائلة من أشياء صغيرة جداً جداً، سمّوها «الذرات» (Atoms)، لا تُرى بأقوى المكبّرات لشدّة صغرها. ففي حبة الرمل من الذرات ما في جبل من حبات رمال!

والذرات تتلاصق وتتجمّع على شكل مادة سائلة أو صلبة، أو تتفرّق في الفضاء على شكل غاز، إلا أنها هي نفسها في عموم الأحوال. ولو تسنّى لنا أن نرى ذرات الثلج وذرات الماء السائل وذرات بخاره لما وجدنا أدنى فرق بينها، إلا من حيث تماسكها ببعضها، أو تفرّقها عن بعض.

الذرات البسيطة محدودة العدد، المعروف منها فوق الأرض وفي باطنها يبلغ 93 نوعاً فقط، أشهرها المعادن كالحديد والنحاس والفضة والذهب، وما في الهواء من غاز «الأوكسجين» الضروري للتنفّس، وغاز «النيتروجين» الأقل أهمية بالنسبة للكائنات الحية. إنّما كثيراً ما تتماسك ذرات مختلفة فيما بينها بقوة، فتشكّل مواد مركّبة. وعلى سطح الأرض مئات الألوف من أنواع المواد

المركّبة، إلا أن كل منها يتكوّن من عدد محدود من الذرات البسيطة، كالماء الذي تتركّب ذراته من نوعين من الذرات البسيطة، هما «الهيدروجين» والأوكسيجين».

وتبيّن أن الذرات البسيطة لا تتأثر بالتفاعلات الكيميائية، مهما كانت عنيفة، بل تنفصل عن بعضها أو تتركّب مع بعض. فذرات الفحم عندما يحترق، مثلاً، لا تتغير بفعل ذلك الإحترق، وإنما تنفصل كل ذرة عن جاراتها، ثم تتركّب مع ذرتين من «الأوكسيجين» الهواء، مكوّنة معها ذرة مركّبة تُسمّى «غاز الفحم»، و تتصاعد تلك الذرات المركّبة من الفحم المشتعل، وتتفرّق في الفضاء. ولو تسنى لنا أن نرى ذرات غاز الفحم، لتبين لنا أنها تتضمن ذرات بسيطة من الفحم، لا تختلف بشيء عن ما قد نراه في الفحم الصلب، لو كان ذلك ممكناً، وبملاصقة كل منها ذرتان بسيطتان من الأوكسيجين.

فهل إن الذرات لا تتغير أبداً، لا بفعل الحرارة ولا الكهرباء ولا المؤثرات الكيميائية؟

هذا صحيح بشكل عام. إنما لكل قاعدة شواذ عنها. والمواد المشعّة، مثل اليورانيوم، هي شذوذ عن القاعدة المذكورة! والجدير بالذكر هو أن ذلك التغيّر يحدث من تلقاء نفسه، فلا يشتد أو يضعف بفعل الحرارة أو سواها من المؤثرات!

التغيرات الكيميائية تسمّى «تفاعلات». فإحترق الفحم مثلاً، وهو تلاصق ذراته بذرات الأوكسيجين المتوفر في الهواء هو «تفاعل

كيميائي»، وهو يطلق من حوله طاقة حرارية وضوئية. وقياساً على ذلك فإن التغيرات التي تتم بالنسبة لذرات اليورانيوم تسمى «تفاعلات ذرية»، وهي أيضاً تطلق طاقة حرارية وإشعاعية من حولها. وهي تفاعلات بطيئة جداً، حيث أنها تدوم مليارات السنين وهي على حالها تقريباً. بينما يحترق الفحم بسرعة.

ولكن كيف تتغير الذرات؟

كان الاعتقاد السائد، قبل الأبحاث التي جرت حول المواد المشعة، بأن الذرات البسيطة ثابتة لا تتغير أبداً. ولكن الأبحاث أثبتت عدم صحة ذلك بالنسبة لليورانيوم وأمثاله من المواد المشعة، فهي تتحول شيئاً فشيئاً إلى ذرات من الرصاص. إنما يجري ذلك ببطء شديد، فلا يتحول خلال عام كامل من اليورانيوم إلى رصاص إلا أقل من جزء من مليار جزء منه. وذلك الجزء، رغم ضئالته الشديدة، يبلغ عادة مليارات المليارات من الذرات، لأن الذرة الواحدة شديدة الصغر.

كذلك كان الاعتقاد السائد أن الذرات لا تتكون من أشياء أصغر منها، وأن ذرات عنصر ما مختلفة عن جميع العناصر الأخرى. أي أن ذرات الحديد مثلاً غير ذرات النحاس، وأنه ليس بينهما شيء مشترك. ثم تبين أن ذرات جميع المواد تتكون من أجزاء أصغر منها، سموا الواحد منها «جُزْيء» (Particle)، والجزيئات واحدة لا تختلف بشيء بين عنصر وآخر، إلا من حيث عدد كل فئة منها.

وتبيّن أن هنالك ثلاث فئات من الجزيئات فقط، تتكوّن منها جميع ما في الكون من ذرات بسيطة أو مركّبة، فئتان منهما ثابتة في جوف الذرة، مكوّنتان مما أصبح يُعرف بنواة الذرّة، والثالثة متنقلة تطوف حول النواة.

كما تبيّن أن النواة هي الأهم، وهي التي تحدّد طبائع المادة، فحماً أو نحاساً أو «أوكسيجين» أو أي عنصر آخر.

أما الفئة الثالثة المتنقلة فهي التي تُحدث التيارات الكهربائية، والموجات المغناطيسية، والإشعاعات الضوئية، المرئية أو غير المرئية. لذلك سُميت تلك الفئة الثالثة المتنقلة «بالإلكترونات»، نسبة إلى الكهرباء باللغة اليونانية، المعتمدة في علوم الطبيعة.

وهكذا فما من فرق بين عنصر وآخر سوى عدد جزيئات كل من الفئتين في نواة ذرّاتهما، وهي نفسها في جميع الذرات، بإستثناء أعدادها.

وأكثر من ذلك، فإن فئة واحدة من هاتين الفئتين تحدّد أهم طبائع المادّة. أما الفئة الأخرى فلا تكاد تلعب أي دور في تحديد هوية العنصر الذي يتضمّنهما، بإستثناء ما هو مُبين في الفصول اللاحقة.

لذلك فإن الجزيء من الفئة الأولى يُسمّى «بروتون» (Proton) أي «أولي» أو «أساسي»، باليونانية. والجزيء من الفئة الثانية يُسمّى «نيوترون» (Neutron) أي «محايد» أو «غير فعّال»، باليونانية كذلك.

وهكذا، الجزيئات من تلك الفئة الأولى وحده يحدد إذا ما كانت المادة التي تتكوّن منه أوكسيجين أو فحم أو ألومنيوم أو حديد أو نحاس أو فضة أو ذهب. فكل ذرة من الأوكسيجين تحتوي على 8 جزيئات من تلك الفئة الأولى، والفحم على 6 جزيئات والألومنيوم على 13 جزيئاً والحديد على 26 والنحاس على 29 والفضة على 47 والذهب على 79 جزيئاً. ولا فرق بين تلك الذرات أو سواها من أي عنصر آخر غير عدد جزيئات الفئة هذه، المسماة «بروتونات».

لذلك فإن كل ذرة بسيطة، غير مركّبة من عدة ذرات بسيطة متنوعة، يقابلها عدد، إسمه العدد الذري، هو عدد ما بها من تلك الجزيئات الأساسية. ولا يوجد على وجه الأرض سوى 93 عنصر أساسي، أعدادها الذرية من 1 إلى 93، تمثّل الذرات المختلفة، البسيطة غير المركّبة. وكل ما على الأرض أو في جوفها مركّب منها. فما هو دور الفئة الثانية من الجزيئات التي تدخل في تكوين الذرات البسيطة، وما هي فائدتها، وهل إن وجودها ضروري في جميع ما في الكون من ذرات؟

تلك الجزيئات، المسماة «نيوترونات» هي بمثابة الطين الذي يلصق الحجارة فيما بينها. والحجارة هنا هي الجزيئات الأولى الأساسية. ولكي تكون الذرة متينة البنيان لا تتفكك، فعلى عدد تلك النيوترونات أن يكون كافياً لتلاصق الجزيئات الأساسية، وأن لا يزيد عن ذلك المقدار.

إلا أن عدد النيوترونات قد ينقص عن العدد الأمثل، ومع ذلك يكون بنيان نواة الذرة قوياً بما يكفي، فلا تتفكك ولا يتناثر شيء منها، فتكون المادة التي تتكوّن منها شديدة الشبه بتلك التي تحتوي على العدد الأمثل من تلك الجزيئات، لأن عدد الجزيئات الأساسية فيهما واحد، وذاك العدد الذري وحده يحدد معظم طبائع المادة.

النحاس مثلاً، وقد رأينا أن رقمه الذري، أي عدد الجزيئات الأساسية في كل ذرة منه، هو 29. والعدد الأمثل من الجزيئات الثانوية لمتانة بنيان تلك الذرات هو 34 جزيئاً. إلا أن 36 جزيئاً ثانوياً تؤدي أيضاً إلى تماسك جيد لذرات النحاس.

أما إذا كان عدد تلك الجزيئات الثانوية (النيوترونات) مختلفاً عن هذين العددين، فإن ذرات النحاس لا تستقر، بل تتفاعل بأن تنفلت منها جزيئات، وقد تتحوّل جزيئات أساسية (بروتونات) فيها إلى جزيئات ثانوية (نيوترونات)، أو عكس ذلك، وتفيض عنها بمواكبة تلك التفاعلات إشعاعات مختلفة وبعض الحرارة، ويتحوّل ذلك النحاس إلى معدن آخر، مثل معدن «النيكل» (Nickel) أو معدن «الزنك» (Zinc).

أبسط العناصر الأولية على الإطلاق هو عنصر الهيدروجين. فكل ذرة من الهيدروجين البسيط تتكوّن من جزيء أساسي واحد (بروتون)، بدون أي نيوترون، حيث لا حاجة إليه. إلا أنه قد يتواجد نيوترون واحد في ذرات الهيدروجين، إلى جانب البروتون، فيسمّى

عندئذ «الهيدروجين الثقيل» أو «الثنائي»، وهو متماسك، إلا أنه نادر

بل وقد نجح الباحثون في توليد هيدروجين به نيوترونان، سمّوه الهيدروجين «الثلاثي» إلا إنه غير مستقر تماماً، بل يتحوّل إلى هيدروجين بسيط، بأن تنفلت منه النيوترونات الزائدة.

يصعب جداً التمييز بين النحاس ذي 34 نيوترون والنحاس ذي 36 نيوترون، فطبائعهما واحدة. وفي الواقع، إذا أخذنا أية قطعة من النحاس، فإن حوالي ثلثها يكون من النوع الأول والثلث الباقي من النوع الثاني، وهما منصهران ببعضهما إنصهاراً كلياً، فلا تكاد تُجدي أية محاولة في فصلهما عن بعض. لذلك فإنهما يسمّيان نظيرين من عنصر النحاس، وليس عنصرين مختلفين.

كذلك هو الأمر بالنسبة للهيدروجين البسيط والهيدروجين الثقيل. فالماء، وهو مركّب من عنصر الهيدروجين وعنصر الأوكسجين، لا يكاد يختلف بشيء من طبائعه إذا كان الهيدوجين الذي يدخل في تركيبه بسيطاً أو ثقيلاً.

بالنتيجة، ليس للنيوترونات دور يذكر في التفاعلات الكيميائية، وهي أساس علوم الطبيعة، وإنما لها الدور الأعظم في التفاعلات الذرية. فإذا زاد عددها أو نقص عن معدله الطبيعي فإن الذرات قد تفقد جزيئات منها بمرور الزمن، أو قد تتحول جزيئات من نوع لآخر، وتلك هي التفاعلات الذرية، فتتحوّل المادّة التي تتألّف منها لمادّة أخرى، كأن يتحول اليورانيوم إلى رصاص، أو

النحاس إلى «نيكل» أو «زنك».

وإذا كانت نواة الذرة كبيرة الحجم، أي أن بها عدد كبير من الجزيئات، فإنها تكون عرضة لمثل ذلك التفاعل، مهما كان عدد النيوترونات مناسباً، أي أنه لا سبيل إلى تلاصق شديد المتانة لجميع الجزيئات في الذرة الواحدة منها. لذلك فإن نواة اليورانيوم، وهي أكبر نواة طبيعية، غير مستقرة، بل تنفلت منها جزيئات، متحولة بذلك إلى نواة معدن الرصاص.

أما الذرات الأخرى التي تفوق اليورانيوم بعدد جزيئاتها، وهي غير متوفرة في الطبيعة، ولكن قد إستحدثها الإنسان بإضافة جزيئات على ذرات اليورانيوم، فإنها ضعيفة الإستقرار، وبعضها لا يكاد يُستحدث حتى يتفكك بمثل لمح البصر.

في نواة اليورانيوم 92 جزيء أساسي (بروتون). وأفضل أعداد الجزيئات الثانوية (النيوترونات) لتماسكها عدنان، هما 146 و 143 نيوترونًا، كما في نظيرَي اليورانيوم الوحيدَين المتوافرين في الطبيعة. إلا أن هذين النظيرين، وهما الأشد تماسكاً بين نظائر اليورانيوم، يتعرضان رغم ذلك لفقدان شظايا من نواتهما، ولو ببطء شديد، عبر مليارات السنين. ذلك أن ضخامة النواة تضعف من تماسك جزيئاتها.

يُشار عادة إلى هذين النظيرين من اليورانيوم بمجموع عدد جزيئات ذراتهما، فيُسمَيان «اليورانيوم 238» و«اليورانيوم 235»، للتمييز بينهما.

جميع الخصائص الذرية المذكورة هنا معروفة بالتجربة، ولا تُعرف لها قواعد علمية دقيقة، وإنما هي مفهومة بشكل إجمالي، ومقبولة عقلياً.

الاكتشاف الخطير

حدث إختراق كبير في الأبحاث النووية عام 1938، قبيل إندلاع الحرب العالمية. ولقد تم ذلك في عدة بلدان أوروبية في آن واحد تقريباً، وربما حدث ذلك التوافق بسبب تواصل العلماء فيما بينهم.

إلا أن تفاصيل ذلك الاكتشاف وأبعاده ظلت سرّاً مكتوماً عدة سنوات، بسبب خطورته، ولأن العالم كان يومئذ على أبواب حرب كبرى.

يبدو ذلك الإختراق أمراً عادياً لأول وهلة، إلا أن نتائجه الهائلة تظهر بعد التأمل.

موجز القول أن الباحثين في إيطاليا وألمانيا وفرنسا توصلوا، في آن واحد تقريباً، إلى إستحداث تفاعلات ذرية مصطنعة، غير تلك التي تتم تلقائياً في اليورانيوم ومشتقاته.

فما أهمية ذلك؟ وهل كانت تلك التفاعلات أشد حدة وأغزر توليداً للطاقة من مثيلاتها الطبيعية؟

كلاً. كل ما الأمر أن مجرد إمكانية إستحداث تفاعلات كهذه، بمشيئة الإنسان، يوحى بإمكانية التحكم بها. فإذا كان بالإمكان إستحداث تفاعلات ذرية، فإنه يبدو من المعقول التحكم بتنشيطها وتسريعها أو كبحها أو إخمادها بمشيئة صاحبها. ولقد رأينا أن التفاعلات الذرية يمكن أن تولّد كميات ضخمة من الطاقة، إذا تمّ تسريعها.

أمّا التفاعلات الذرية الطبيعية فهي تتم تلقائياً، دون تدخل أحد، ولا تنفع معها محاولة تنشيط أو كبح.

فما كانت تلك التفاعلات المكتشفة التي يمكن إفتعالها؟
موجز القول فيها أنه إذا تمّ إدخال نيوترون في جوف نواة النظير 235 من اليورانيوم، فإنه قد ينجم عن ذلك أحد ثلاثة أحداث محتملة:

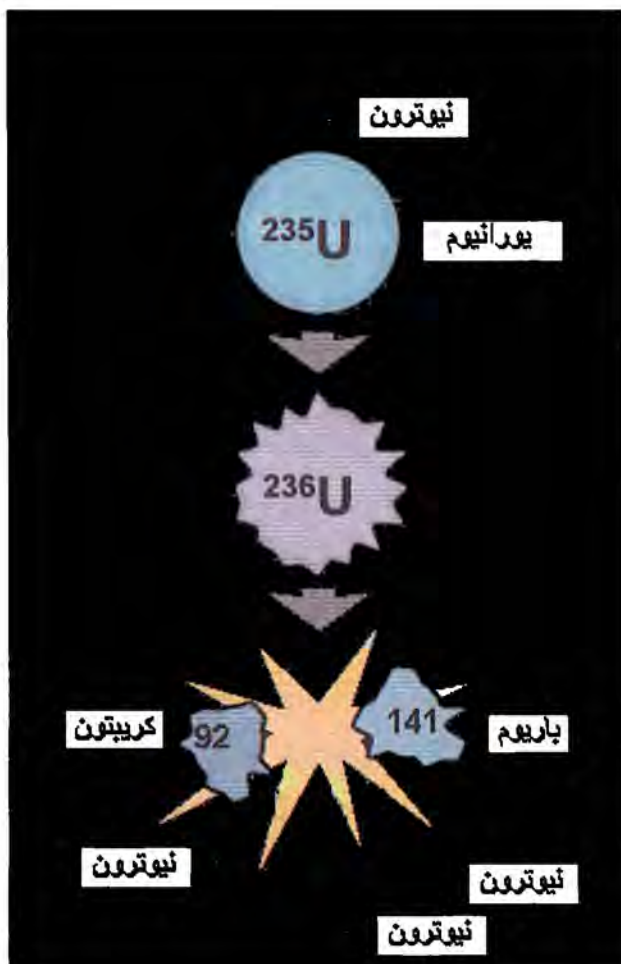
1. قد ينفذ النيوترون فوراً من النواة، كأن شيئاً لم يكن. وذلك ما يحدث غالباً إذا كانت سرعته عالية.

2. قد يستقر النيوترون في جوف تلك نواة ذرة اليورانيوم، فيتحول ذلك اليورانيوم إلى النظير رقم 236، بزيادة نيوترون عليه، ولا يخرج منه إلا بمرور ملايين السنين.

3. أمّا الحدث الأهم، وهو لا يقع إلا إذا كانت سرعة النيوترون معتدلة، أن يفعل ذلك الجزيء بنواة اليورانيوم فعل الإسفين في الخشب، فيفلقها شطرين، كل شطر منهما يكوّن نواة ذرة جديدة يقرب حجمها من نصف حجم ذرة اليورانيوم، ولكن يقل مجموع جزيئاتهما الثانوية (النيوترونات) عن 143، وهو عدد النيوترونات في ذرات ذلك النظير من اليورانيوم، فتفيض عن ذلك الإنشطار بعض النيوترونات، وتتناثر من حولها. كأن صخرة قد انفلقت إلى صخرتين، وتناثرت منها بعض الحجارة.

ولا يتم الإنشطار الذري هذا، بفعل دخول نيوترون في نواة أية ذرة أخرى معروفة في الطبيعة، باستثناء ذلك اليورانيوم 235

بالذات. فهولا يحدث مثلاً مع اليورانيوم 238 ، النظير السائد في اليورانيوم المستخرج من المناجم. ذلك الإنشطار مشابه للتحويلات الذرية التي تطرأ تلقائياً على



إذا دخل نيوترون إلى جوف نواة اليورانيوم يشطرها ذرتين ويفيض نيوترونات أو ثلاثة

اليورانيوم ومشتقاته، لاسيما من حيث مقدار الطاقة الناجمة عنها، فليس من المهم أن تنقسم الذرة إلى شطرين متقاربين في عدد جزيئاتهما أو إلى ذرة كبيرة وبعض الشظايا والجزيئات التي تنفلت منها، إنما الفارق الهام هو أن الانشطار لا يتم إلا بإدخال نيوترون على نواة الذرة، بينما يتم إفتكاك الجزيئات من نواة ذرة اليورانيوم تلقائياً، دون أي سبب خارجي يخضع لإرادة أحد.

ولهذا الفارق أهمية كبيرة في مسألة التحكم بهذه التفاعلات. إفعال إنشطارات ذرات اليورانيوم 235، أي جعلها تحدث، مسألة تبدو سهلة. إذ يكفي أن تأتي بقدر ولو صغير من أية مادة مشعة تطلق النيوترونات، والأفضل أن تكون مادة شديدة الإشعاع كالبولونيوم أو الراديوم، ونقربها من ذاك اليورانيوم. وعندما نريد إيقاف التفاعلات نبعد المادة المشعة.

والحقيقة أن تلك التفاعلات تقع في اليورانيوم حتى وإن لم نقرب منها مادة مشعة، لأن اليورانيوم نفسه مادة مشعة، تطلق النيوترونات، وبعض تلك النيوترونات تؤدي إلى إنشطارات في نوى ذرات النظير 235 من ذلك اليورانيوم.

وهكذا، فإن التفاعلات الذرية التي نلاحظها في اليورانيوم هي على نوعين: تفاعلات أولية تحدث من تلقاء نفسها في كل من نظيري اليورانيوم (238 و 235)، وتفاعلات ثانوية تتم بفعل النيوترونات المنطلقة من تلك التفاعلات الأولية التي قد تنجح في فلق نوى ذرات من اليورانيوم 235 وحده.

التفاعل المتسلسل

أول من أثبت مخبرياً إمكانية تسريع التفاعلات المتعمّدة المذكورة هم الباحثون الألمان، نهاية عام 1938، وذلك من خلال ما يسمى «التفاعل المتسلسل» (Chain Reaction).

أساس ذلك التسريع هو أن نجعل النيوترونات التي تنطلق من نواة اليورانيوم 235 التي تنشط تدخل في جوف ذرات أخرى مثلها فتشطرها وتطلق منها بعض النيوترونات. وإذا تكررت العملية من جديد ولم تتوقف حتى ينفلق كل ما حولها من ذاك النظر من اليورانيوم، فإن ذلك يعني خروج جميع الطاقة الذرية المخزونة في ذلك المعدن، وهي طاقة ضخمة لا تنطلق تلقائياً إلا على مدى مليارات السنين!

ومن شأن تسلسل كهذا أن يتم بسرعة فائقة، لأن تلك التفاعلات سريعة، يتم كل واحد منها بأقل من جزء من مليون جزء من الثانية. وانتقال جزيء النيوترون من ذرة لأخرى سريع بمثل ذلك أيضاً.

هنا سؤال يطرح نفسه، وهو لماذا لا يحدث مثل ذلك التسلسل تلقائياً في الطبيعة، أو بين أيدي الباحثين؟

الجواب ببساطة هو أن معظم النيوترونات المنطلقة من كل تفاعل تفشل في إحداث تفاعلات أخرى.

هنالك سببان لذلك الفشل:

السبب الأول، وهو الأهم، يعود إلى كون نوى (جمع نواة) الذرات، حيث تتكدّس الجزيئات بنوعيتها، متباعدة فيما بينها، وإن بدا المعدن متراصاً. فإن الذي يبدو لنا إمتلاء ليس سوى الأجواء الالكترونية التي تحيط بالنوى وتشكّل معظم الذرة، وهي غالباً ما تحجب الضوء وتمنع الأجسام المعتادة من إختراقها. أما النيوترونات، وهي جزيئات متناهية الصغر، فإنها تخترق تلك الأجواء الالكترونية بسهولة، وغالباً ما تنفذ من كتلة اليورانيوم دون أن تفلق نواة أية ذرة.

ويزيد من إحتمال إنفلات النيوترونات أن أكثر من 99 بالمائة من اليورانيوم المتواجد في الطبيعة هو من النظير 238، الذي قلما تدخل النيوترونات إلى نواته، بل تنزلق عليه وتتابع سيرها منفلة. وإذا دخلت فإنها لا تفلق تلك النواة، بل تستقر فيها.

كما قد يزيد من ذلك الإحتمال أن لا تكون كتلة اليورانيوم متجمعة تماماً، بل منفلشة، فتجد النيوترونات طريقها إلى خارجها بسهولة أكبر.

وبالنتيجة، ما لم تعالج الأسباب المذكورة، فإن النيوترونات، المنطلقة بفعل أحد التفاعلات، غالباً ما تنفلت دون أن تتسبب بإطلاق أية نيوترونات أخرى. وبذلك تنقطع سلسلة تلك التفاعلات.

والحقيقة أن بعض تلك التفاعلات الإنشطارية تحدث فعلاً في معدن اليورانيوم، إلا أنها لا تكاد سلسلتها تبدأ حتى تنقطع.

لنفترض مثلاً أن لدينا كتلة من اليورانيوم ينبعث منها تلقائياً كل ثانية جيل أول يبلغ عدده ألف نيوترون، بسبب التفاعلات الإشعاعية الطبيعية لذلك المعدن. فإذا كان واحد بالمائة فقط من تلك النيوترونات ينجح في شطر نواة ذرة يورانيوم 235، فإن الألف نيوترون تؤدي إلى عشرة إنشطارات. وإذا كان كل إنشطار يطلق نيوترونين جديدين، فإن عدد نيوترونات الجيل الثاني يبلغ 20 نيوتروناً. أي أن نسبة أعداد النيوترونات بين جيل التفاعلات الأولية وجيل من التفاعلات الثانوية، تبلغ 2 بالمائة.

بعد ذلك، من الأرجح أن تنقطع سلسلة التفاعلات، وذلك بأن لا تحدث العشرون نيوتروناً جديداً أي إنشطار لأي ذرة يورانيوم.

ولو كانت نسبة عدد النيوترونات بين جيل والذي يتولد منه 50 بالمائة، أي النصف، بدلاً من 2 بالمائة كما هي في المثال السابق، لتعاقبت حوالى تسعة أجيال من التفاعلات الثانوية، بعد كل جيل من التفاعلات الأولية. فالألف تفاعل أولي تولّد 500 نيوتروناً من الجيل الثانوي الأول، والجيل الثانوي الثاني يكون 250 نيوتروناً، والثالث 125، والرابع 62 أو 63، والخامس 31 أو 32، والسادس 15 أو 16، والسابع 7 أو 8، والثامن 3 أو 4، والتاسع 1 أو 2، ثم تنقطع سلسلة التفاعلات.

بذلك يكون مجموع التفاعلات الثانوية حوالى ألف تفاعل، أي أن إجمالي التفاعلات يصبح حوالى ألفين، ألف أولي وألف ثانوي.

أما إذا كانت تلك النسبة تسعة أعشار، أي أن كل عشرة نيوترونات من كل جيل ما تؤدي إلى إطلاق تسعة نيوترونات من الجيل الذي يليه، فإن تناقص عدد حلقات سلسلة الإنشطارات يصبح حوالى مائة حلقة، يتناقص فيها عدد التفاعلات في الأجيال المتعاقبة من 900 إلى 1، ثم تنقطع. ويكون مجموعها حوالى عشرة آلاف تفاعلاً.

وكلما إقتربت نسبة توالى أعداد الأجيال من مائة بالمائة، تطول سلسلة التفاعلات الثانوية، ويرتفع مجموع أعدادها. وإذا بلغت تلك النسبة مائة بالمائة، أي أن عدد النيوترونات المستحدثة في كل جيل أصبح يساوي عددها في الجيل الذي يليه، تتوالى التفاعلات المتسلسلة دون إنقطاع، جيلاً بعد جيل، حتى تشمل جميع ذرات اليورانيوم 235 الموجودة من حولها.

تلك النسبة لتسلسل أجيال التفاعلات، أي النسبة التي يتساوى فيها عدد التفاعلات الإنشطارية في الأجيال المتعاقبة، تُسمّى النسبة «الحرجة» (Critical)، وبلوغها يعني أن سلاسل إنشطار الذرات تتوالى دون إنقطاع، حتى تشمل جميع ما لدينا من مادة اليورانيوم 235. وذلك يتم خلال وقت معقول، قلّما يزيد عن بضع سنوات، بدلاً من مليارات السنين، في حال غياب التفاعلات الثانوية.

وذلك ما هو مطلوب في محطات توليد الكهرباء بالطاقة الذرية، أي أن يُستهلك الوقود الذري خلال سنوات، بدلاً من مليارات

السنين، وترتفع بذلك الطاقة المنبعثة من الوقود مليار مرة عن مقدارها الطبيعي، فيصبح مقدارها ملحوظاً بالمعيار الصناعي.

أما إذا كانت النسبة المذكورة أعلى من النسبة الحرجة، وهي تُسمى عندئذ «فوق الحرجة» (Supercritical)، أي أن يكون كل جيل من التفاعلات أكبر عدداً من سابقه، فإن الإنشطارات تشمل كذلك جميع ذرات ذلك النظير من اليورانيوم، كما في حال النسبة الحرجة، إلا أن ذلك يتم بسرعة أكبر بكثير.

إذا كانت نسبة الأجيال مائتين لمائة، أي أن يتضاعف عدد التفاعلات الإنشطارية بين كل جيل والذي يليه، فإن إكتمالها لا يستغرق سوى جزء يسير جداً من الثانية، كأنها تحدث جميعها في لحظة واحدة.

وذلك ما هو مطلوب بالنسبة للقنبلة الذرية! أي أن تنطلق الطاقة المخزونة في مادة اليورانيوم في أقل من ثانية، علماً بأن تلك الطاقة تزيد ملايين المرات عما هو مخزون في مثل وزنها أو حجمها من المتفجرات الكيميائية!

وقد يبدو لأول وهلة أن مضاعفة عدد التفاعلات قد لا يؤثر بهذا القدر على سرعة إكتمالها حتى تشمل جميع كتلة اليورانيوم 235، فتتخفض مدة إكتمالها من بضع سنوات إلى أقل من ثانية! إلا أن تلك هي الحقيقة، وحسابها ليس شديد الصعوبة.

فالحقيقة أنه كلما تضاعفت التفاعلات عشر مرات زاد مقدارها أكثر من ألف مرة: 2، 4، 8، 16، 32، 64، 128، 256، 512، 1024!

وعشرون مضاعفة تزيدها أكثر من مليون مرّة، ومائة مضاعفة تزيدها مليون مليون مليون مرة.

ومثل ذلك التكرار في توالي الأجيال يتم خلال جزء يسير من الثانية، لأنها سلسلة مكوّنة من مائة جيل من الذرات المنشطرة، وليس بين الجيل والجيل سوى أقل من جزء من مليون جزء من الثانية.

إيجازاً لما هو مذكور أعلاه، يمكن القول بأن التفاعلات الطبيعية التلقائية في كتلة من اليورانيوم تطلق على الدوام جيلاً أول من النيوترونات، وبعض تلك النيوترونات يشطر ذرات من ذلك اليورانيوم، فينطلق منها جيل ثاني من النيوترونات، وقد تتسلسل العملية عدّة مرات. إنمّا، ما لم تُتخذ تدابير خاصة، فإن عدد تلك النيوترونات يتناقص جيلاً بعد جيل، ثم تنقرض، وبذلك لا يزداد عدد التفاعلات الذرية، والطاقة المنبعثة منها إلا بقدر محدود.

أما إذا إتخذت تدابير مناسبة لتفادي ذلك التناقص، وتلك أهم أسرار الصناعة الذرية، فإن إنشطارات ذرات اليورانيوم تدوم طويلاً، فتزداد الطاقة المنبعثة منها. وإذا أدت تلك التدابير إلى أن يتساوى عدد التفاعلات بين كل جيل والذي يليه، فإن سلسلتها لا تنقطع حتى تُستنفذ كتلة اليورانيوم بالكامل.

أما إذا تزايدت التفاعلات مع الأجيال فإنها تكتمل بسرعة. فما هي تلك التدابير؟

تنشيط التفاعلات الانشطارية

التدبير الأول لتنشيط التفاعلات الانشطارية، حتى بلوغ النسبة الحرجة أو تجاوزها، هو زيادة كتلة اليورانيوم. فكلما كبرت الكتلة طالت طريق خروج النيوترونات منها، وإرتفع الإحتمال بأن تصطدم بنواة يورانيوم 235 فتفلقها.

كذلك فإن شكل الكتلة يؤثر على إحتمال عدم إنفلات النيوترونات دون أن تفعل شيئاً. فكلما كانت كتلة اليورانيوم مجتمعة، ومساحة محيطها الخارجي أصغر، قلّ إحتمال ذلك الانفلات. وأفضل شكل تتجمع فيه الكتلة لتحقيق ذلك الغرض هو الشكل الكروي، لأنه أشد تجمعاً من سواه.

إذا كانت كتلة اليورانيوم كروية الشكل وكبيرة القطر، فإن معظم النيوترونات المنطلقة من وسطها لا تبلغ محيطها الخارجي، بل تدخل في طريق إنطلاقها الطويل في جوف نواة ذرة اليورانيوم 235، فتشطره وتطلق منه نيوترونين أو أكثر، وبذلك قد لا تتناقص الإنشطارات كثيراً بين جيل وما يليه، وربما قد تتساوى أو تتزايد.

إذا كانت الكرة من الكبر بحيث تتساوى أعداد النيوترات في سائر الأجيال، فإن تلك الكتلة تسمى «حرجة». وذلك يؤدي إلى تسلسل الأجيال دون إنقطاع، حتى تأتي على كامل الكتلة.

هذا التدبير متّخذ في تصميم القنابل الذرية، حيث يتم السعي إلى جمع كتلة الوقود الذري على شكل كرة متراسة. أما في المفاعلات الذرية المدنية، فإن تجمع كتلة الوقود الذري محدود

بمسألة إستخراج الحرارة من ذلك الوقود، بواسطة تيار من الماء أو أي سائل آخر يتخلله.

ومن التداوير للحدّ من تناقص عدد الإنشطارات، بين جيل من التفاعلات وآخر، فهو زيادة نسبة النظير 235 في الكتلة المتداولة. ذلك أن ذرات النظير السائد 238 لا تنشطر بملاقاة النيوترونات، بل تدعها تجتازها بسلام، وقد تلتقطها وتحتفظ بها، وذلك أسوأ من تركها، لأنه يقطع كل إحتمال بأن تلتقي بنواة ذرة يورانيوم 235 فتشطرها.

عملية زيادة نسبة النظير 235 من اليورانوم، وإسمها عملية «التخصيب»، أجدى من زيادة كتلة اليورانيوم. فإن الكتلة الحرجة من اليورانيوم الطبيعي، التي تتساوى فيها أعداد سلسلة التفاعلات، تبلغ عشرات آلاف الأطنان، ولا يمكن تداولها عملياً، لا بالأيدي ولا بالآلات الضخمة. أما إذا إرتفعت درجة الخصوبة، أي نسبة النظير 235 فيها، حتى 90 بالمائة، بدلاً من أقل من واحد بالمائة في اليورانيوم الطبيعي، فإن كرة تزن حوالى 30 كيلوغراماً منه تكفي لجعل سلاسل التفاعلات لا تتناقص بين جيل من التفاعلات والذي يليه.

ذلك أن البعد ما بين نواة ذرة يورانيوم 235 وأخرى ينخفض بزيادة نسبة ذلك النظير، فينخفض معه الإحتمال بأن تنفذ النيوترونات من بينهما وتنفلت.

إلا أن فصل اليورانيوم 235 عن نظيره 238 هو عقبة كأداء.

فخصائص النظيرين من اليورانيوم متشابهة إلى حد بعيد، فلا يمكن فصلهما عن بعض بواسطة الحرارة، مثل الصهر أو التبخير، ولا بالكهرباء، ولا بالأحمضة أو المذيبات المختلفة، فكل ما يذيب أحدهما أو يبيخره يفعل مثل ذلك بالآخر.

وأقصى ما يُستطاع عمله، كما هو مفصّل في فصل لاحق، هو فرز اليورانيوم إلى ما يقرب من النصفين، أحدهما أغنى من الآخر بالنظير 235 أي أنه أخصب منه.

وعندما نجري عملية التخصيب الأولى على اليورانيوم الطبيعي النقي، ونسبة النظير 235 فيه حوالى 7 بالألف فقط، فإنه قد ينفرز نصفين، خصوبة أحدهما 8 بالألف مثلاً، والآخر 6 بالألف. وذلك الفرز المحدود يُعدّ إنجازاً هاماً.

ثم نكرر العملية على كل من النصفين، فينقسم النصف الأكثر خصوبة إلى رُبعين، خصوبة أحدهما 9 بالألف مثلاً، وخصوبة الآخر حوالى 7 بالألف، (أي مثل اليورانيوم الطبيعي)، وينقسم النصف الأقل خصوبة إلى رُبعين أيضاً، أحدهما خصوبته حوالى 7 بالألف والآخر حوالى 5 بالألف.

بعد ذلك، نضمّ الرُبعين المتوسطي الخصوبة إلى اليورانيوم الطبيعي ليعاد فرزهما معه. ونتابع العملية على كافة الأطراف.

وهكذا، يتكوّن مصنع التخصيب من عدة طبقات، تخرج من كل طبقة المادة الأخصب فتدخل طبقة أعلى، ومادة أنضب (أي أقلّ خصوبة) إلى طبقة أدنى.

ويخرج أخصب اليورانيوم من أعلى الطبقات إلى الإستعمال، وأنضبه من أدنى الطبقات إلى النفايات.

الأرقام المذكورة هنا هي أمثلة توضيحية فقط، أما الأرقام الواقعية فإنها تختلف باختلاف جدوى وسيلة التخصيب.

وبما أن تخصيب اليورانيوم صعب وعالي التكلفة، لذلك يُكتفى بالحد الأدنى منه، بما يتناسب مع الهدف المتوخى. فإذا كان ذلك لغرض سلمي، يرمي إلى إستخراج الطاقة الذرية المخزونة في اليورانيوم على مدار سنة أو أكثر، فمن المناسب الإكتفاء بخصوبة تتراوح ما بين 3 و 5 بالمائة.

أمّا للأغراض العسكرية، حيث يكون الهدف هو إطلاق الطاقة المخزونة في اليورانيوم خلال أقل من ثانية، فلا بد من تخصيبه بمعدل يتجاوز 90 بالمائة، وذلك عمل شاق وطويل.

ومن التدابير المستعملة في صناعة القنابل، دون المفاعلات المدنية، إحاطة الوقود الذري بكرة ملساء من مادة تعكس مسار النيوترونات، فيجعلها ترتد إلى جوف الوقود بدلاً من أن تنفلت منه. ولو أمكن أن يتم ذلك الإنعكاس بنسبة عالية، كفعل المرأة بالضوء، فإن ذلك يؤدي إلى بلوغ النسبة الحرجة بكمية ضئيلة من الوقود الذري، لأن معظم النيوترونات تظل ترتد إلى جوف الوقود، بفعل الإنعكاس، حتى تحدث فيه إنشطاراً ذرياً. ولكن النيوترونات لا تنعكس بسهولة حتى على أفضل المواد المناسبة لذلك، بل ينفذ معظمها فلا يرتد، أو أنه قد يستقر في المادة المعدة لإنعكاسه ولا

يخرج منها.

لذلك فإن إستعمال ما يشبه المرآة العاكسة للنيوترونات، يحسّن في الواقع من أداء الوقود، ويسمح بخفض مقدار الكتلة الحرجة، إنما بنسبة محدودة. ومن أفضل المواد لعكس مسار النيوترونات معدن الألومينيوم ومادة «البورون»، وهي مستعملة في القنابل الذرية.

وهناك تدبير كبير الفعّالية في رفع نسبة أعداد النيوترونات في تسلسل أجيالها، شائع الإستعمال في المفاعلات الذرية المدنية، وليس في صنع القنابل، وهو خفض سرعات النيوترونات المنطلقة بسرعات كبيرة من الذرّات المنشطرة.

ذلك أن معظم النيوترونات المنبعثة من الذرات المنشطرة تنطلق بسرعة عالية جداً، تفوق سرعة الرصاصة المنطلقة من فوهة البندقية بعشرات آلاف المرّات، إذ تبلغ حوالي 20 ألف كيلومتراً في الثانية الواحدة، فلا تؤدّي بدورها لأنشطارات جديدة، بل تنفلت من كتلة اليورانيوم المتداولة.

أما إذا تم خفض تلك السرعة فإنها غالباً ما تؤدي إلى مثل ذلك الإنشطار، عندما تصطدم بنواة ذرة يورانيوم من النظير 235.

يتم خفض السرعات الكبيرة لمعظم النيوترونات بزجّ مادة مناسبة بين طبقات اليورانيوم، تكبح من جماح النيوترونات الفائقة السرعة، ولا تمتصّها. وأشهر مادتين إستعمالاً لهذا الغرض هما «الماء الثقيل» و«الغرافيت».

بإستعمال خافضات السرعة هذه، تزداد أعداد النيوترونات الفعّالة في إحداث الإنشطارات أضعافاً.

ذلك التدبير شائع في المفاعلات الذرية التي تعمل باليورانيوم المتواضع التخصيب، حيث يتم الإقتراب بفضله كثيراً من النسبة الحرجة، وبالتالي إطلاق مقادير غزيرة من الطاقة الذرية، رغم أن كتلة اليورانيوم فيها لا تزيد عن بضعة مئات من الأطنان، بدلاً من عشرات الآلاف الأطنان إذا لم تُستعمل تلك الخافضات.

إكتشاف البلوتونيوم

أضخم الذرات المتوفرة طبيعياً على سطح الأرض أو في جوفها هي ذرة اليورانيوم، وتلك الضخامة تؤدي إلى إختلال توازن ذرات اليورانيوم وحدوث تفاعلات تلقائية تطلق منها بعض الجزيئات، كما يسهل إحداث تفاعلات متعمدة أخرى فيها، من النوع الإنشطاري.

ذلك دعا إلى التساؤل عن إمكانية إستحداث مواد جديدة، غير متوفرة طبيعياً على سطح الأرض، أضخم ذرات من اليورانيوم، لعلها تصلح أكثر للتفاعلات الذرية المتعمدة.

ولقد نجح الباحثون في تصنيع أول تلك المعادن في العام 1940، في مختبرات متخصصة بالتفاعلات الذرية، ثم توالى الإكتشافات بعد ذلك حتى بلغ عدد العناصر الصنعية اليوم 24 عنصراً، جميعها أضخم ذرات من اليورانيوم.

إلا أن عنصراً واحداً منها قد لعب وما زال يلعب دور البطولة في الصناعة الذرية، حتى فاق اليورانيوم منذ البداية.

ذلك العنصر، وهو «البلوتونيوم»، غير متوفر في الطبيعة. وإنما يتولد من اليورانيوم، 238 بإدخال نيوترون عنوة في جوف نواته فيصبح مجموع جزيئاتها 239. ذلك يؤدي لتفاعل ذري في تلك النواة، يتحوّل فيه نيوترونان إلى جزيئين أساسيين (أي إلى بروتونين) فيزداد عدد تلك الأخيرة، مرتفعاً من 92 إلى 94 جزيئاً أساسياً.

إختلاف عدد الجزيئات الأساسية يعني إختلاف الطبيعة الكيميائية. بذلك يتحول اليورانيوم 238 إلى معدن جديد، سمّوه «البلوتونيوم» 239، لأن به 239 جزيئ: 94 جزيء أساسي (بروتون) و145 جزيء ثانوي (نيوترون). وله نظائر أخرى أثقل منه، تتكون بزيادة نيوترونات إضافية عليه.

أشهر تلك النظائر «البلوتونيوم 240»، الذي يتكوّن بإضافة نيوترون واحد على نواة نظيره الأول، وهو يلعب دوراً مفسداً في الانفجارات الذرية، كما هو مبين في باب لاحق.

البلوتونيوم 239 أقل إستقراراً من اليورانيوم، حيث تدوم ذراته وسطياً حوالي 24 ألف عام، قبل أن تفلت منها شظايا فيتضاءل عدد الجزيئات فيها، متحوّلةً تدريجياً إلى ذرات مادّة الرصاص. وتلك مدّة طويلة بمقياس أعمار البشر، إلا أنها أقصر بكثير من عمر اليورانيوم الذي يبلغ وسطياً أكثر من مليار عام.

كذلك فإن جميع العناصر التي تفوق البلوتونيوم عدداً للبروتونات، أي أن ذراتها تتضمّن أكثر من 94 بروتوناً، أقل إستقراراً منه، حتى أن أعمار أكبرها حجماً لا تزيد عن لحظات خاطفة، تنفلت منها بعد ذلك جزيئات، فتتحوّل لعناصر أصغر ذرات منها.

والشير للإهتمام أن عملية توليد البلوتونيوم قد تتم في غاية البساطة. إذ يكفي أن نراكم اليورانيوم الطبيعي في كومة كبيرة، تتخلّلها طبقات من فحم الغرافيت، فتنشط إنشطارات اليورانيوم

235 الموجودة في الكومة بسبب كبرها وبفعل الفحم الذي يخفض سرعة الكثير من النيوترونات الفائقة السرعة. ويدخل ما تبقى من نيوترونات سريعة في نوى اليورانيوم 238، فيحوّله إلى بلوتونيوم. فإذا أتينا للكومة بعد بضعة أشهر نجد أن قد أصبح في الكومة قدر لا بأس به من البلوتونيوم 239 (حوالي إثنان بالآلف)، يُستخرج منه ببعض الصعوبة، إلا أنها أقل من صعوبة تخصيب اليورانيوم.

ولا ينبغي الانتظار طويلاً، رغم أن نسبة البلوتونيوم ترتفع مع الوقت، لأن نيوترونات إضافية تدخل في نوى ذرات بعض البلوتونيوم 239، فتحوّله إلى نظيره المفسد رقم 240.

أمّا إنتاج البلوتونيوم بكميات وافرة، فله وسائله الخاصّة، وهو اليوم صناعة كبيرة ومستقلة، تكاد تحتكرها السلطات العسكرية.

ولكن ما هي فائدة البلوتونيوم، وبماذا يتفوّق على اليورانيوم

235؟

فأدّته أنه قابل للإنشطار بالتسلسل، مثل اليورانيوم 235 وأفضل، فهو يصلح وقوداً للمفاعلات الذرية وللقنابل. ومزيّته أن فصله التام عن اليورانيوم الذي يولّده سهل نسبياً، فهما معدنان مختلفان في خصائصهما، بينما يصعب فصل النظيرين 235 و238 عن بعضهما.

الإنجازات الكبرى

القنبلة الذرية الأولى

نشطت الأبحاث الذرية في معظم بلدان أوروبا في الثلاثينات، لاسيما في أواخرها، إثر إكتشاف ظاهرة تسلسل الإنشطارات، وذلك قبيل إندلاع الحرب العالمية الثانية.

وكان كثير من علماء الذرة قد غادروا وسط وشرق أوروبا إلى أمريكا، لاسيما اليهود منهم، فراراً من الإضطهاد لهم في ألمانيا والنمسا وإيطاليا والمجر وسواها، وجعلوا يتابعون أبحاثهم في الجامعات الأمريكية.

ظلت تلك الأبحاث ذات طابع مدني حتى إندلاع الحرب العظمى عام 1939، سواء في أوروبا أو أمريكا، تجري في الجامعات، بعيداً عن السلطات العسكرية، ولا تهدف إلى إنتاج سلاح ما، بل تدور حول توليد الطاقة بشكل عام.

مع إقتراب الحرب ثم إندلاعها، توجهت الأنظار نحو الأهمية العسكرية للأبحاث الذرية. لذلك فإن السلطات الألمانية قررت في

تلك الأيام حظر خروج مادة اليورانيوم من النمسا، التي كانت قد توحدت مع ألمانيا، والتي كانت يومئذٍ المصدر الوحيد لتلك المادة في أوروبا.

كذلك عمدت فرنسا إلى شراء كامل مخزون الماء الثقيل من النرويج التي كانت المصنّع شبه الحصري في العالم لتلك المادة الهامة في الأبحاث الذرية. وتمّ ذلك قبل الهجوم الألماني على فرنسا بشهر واحد، وكانت كمية ذلك الماء الثقيل 185 كيلوغراماً. وعندما تقدمت الجيوش الألمانية نحو باريس، قبل منتصف عام 1940، فرّب بعض الباحثين الفرنسيين إلى لندن، ومعهم الماء الثقيل. بذلك بدأت الأبحاث الذرية العسكرية في بريطانيا، في إطار مشروع سرّي سمّوه «تيوب أَلّويز» (Tube Alloys)، كان معظم العاملين فيه من الباحثين الفارين من بلدان أوروبية أخرى، مثل فرنسا.

كذلك تحرّك الباحثون الفارّون إلى أمريكا، ودفعوا الرئيس روزفلت إلى التوجيه بتنظيم الأبحاث الذرية العسكرية وتنشيطها، في حين لم تكن أمريكا قد دخلت الحرب بعد.

وعندما دخلت أمريكا الحرب، أخذ الحلفاء يعملون على توحيد جهودهم في ذلك المجال. وتمّ بالفعل الإتفاق على مشروع مشترك بين أمريكا وبريطانيا وكندا، عام 1942، سمّوه مشروع «مانهاتن» (Manhattan)، يهدف إلى إنتاج قنبلة ذرية.

ورغم أن بريطانيا كانت سبّاقة في مجال تلك الأبحاث وأنها



روبرت أوبنهايمر مدير أبحاث مشروع مانهاتن
والمدير العسكري لسلبي غروف

وضعت جميع إمكاناتها البشرية ومعداتها بتصرف ذلك المشروع،
فإن «مانهاتن» كان في الواقع مشروعاً أميركياً خالصاً، بإدارته
وأسراره. إلا أن كبار الباحثين فيه كانوا ممن قد فروا من أوروبا
واكتسبوا الجنسية الأمريكية.

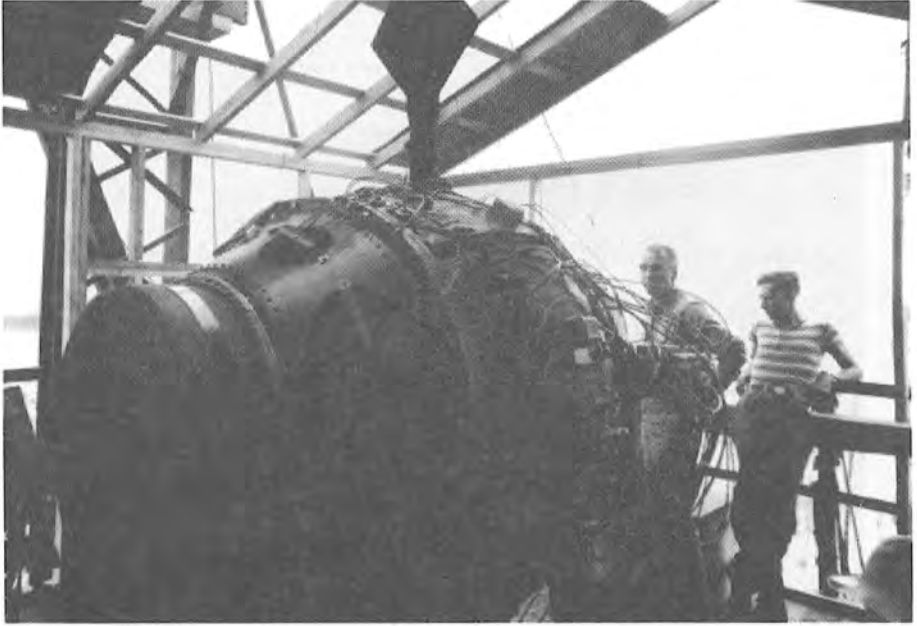
كان العمل موزعاً على حوالى ثلاثين موقعاً في أمريكا، كل موقع منها يعمل مستقلاً عن الآخرين، حفظاً للأسرار، وينسّق بينها موقع الإدارة المركزية في «أوك ريدج» (Oak Ridge) بولاية «تينيسي». أمّا الذين أتوا من بريطانيا، ومعظمهم لاجئون من بلدان أوروبية أخرى، فلقد خُصّص لهم موقع في كندا، يُستفاد من أبحاثهم ولا يستفيدون من أبحاث الآخرين، بإستثناء خبير بارز بالمتفجرات إسمه «وليم جورج بيني» (W.G. Penny) ضمّوه إلى موقع الإدارة، ولعب دوراً هاماً فيما بعد في صنع أول قنبلة ذرية بريطانية.

نشط العمل في مشروع مانهتن بإتجاهين، الأول لصنع القنبلة من اليورانيوم العالي التخصيب، وذلك في الموقع الرئيسي في «أوك ريدج»، والثاني لصنعها من البلوتونيوم، في موقع «هانفورد» (Hanford) بولاية واشنطن.

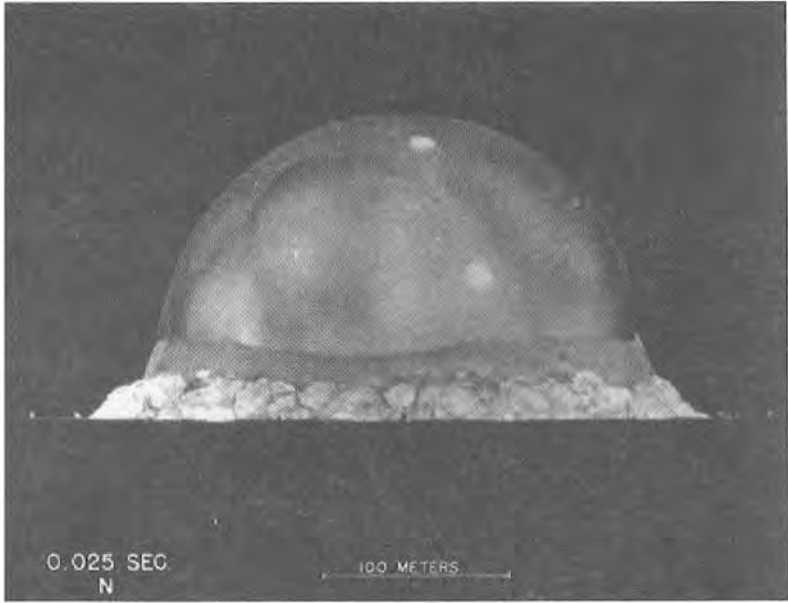
أمّا تخصيب اليورانيوم فلقد تمّ بالوسائل الثلاث المعروفة في تلك الأيام، ولم تكن شديدة الفعّالية، لذلك لم يجتمع للباحثين من ذلك المعدن العالي التخصيب خلال ثلاث سنوات، بين 1942 و1945، سوى ما يكفي لصنع قنبلة واحدة.

وأمّا بالنسبة للبلوتونيوم، فلقد تمّ خلال السنوات الثلاث تلك إنتاج حوالى مائة كيلوغرام منه، وذلك يكفي لصنع أكثر من خمس عشرة قنبلة، فصُنعت منه إثنتان، إحداهما للتجربة والأخرى للإستعمال.

شُحنت قنبلة التجربة إلى منطقة صحراوية في «ترينيتي» بولاية
«نيو مكسيكو» حيث جرّبت بنجاح، في 16 تموز 1945.



القنبلة الذرية الأولى
صورة تاريخية للقنبلة التجريبية الأولى عند الإنتهاء من صنعها



صورة تاريخية للقنبلة الذرية التجريبية الأولى بعد انفجارها برُبع عشر الثانية في تريثيتي

وبعد ثلاثة أسابيع من تاريخ تلك التجربة أُلقيت قنبلة اليورانيوم الوحيدة فوق هيروشيما، بتاريخ 6 آب 1945، فكان ما كان، وأصيب العالم بالذهول. ثم أُلقيت قنبلة البلوتونيوم الأخرى بعد ذلك بثلاثة أيام فوق مدينة ناغازاكي، فدمرتها كذلك.



هيروشيما بعد القنبلة
آب 1945

تصميم قنبلة هيروشيما

صُنعت تلك القنبلة من اليورانيوم العالي التخصيب، أي الذي يحتوي على نسبة مرتفعة من النظير رقم 235 من ذلك المعدن، ولم يكن قد تسنى جمع أكثر من 60 كيلوغراماً من ذلك الوقود الذري، تمّ تخصيبها في ثلاثة مواقع مختلفة، وبلغت فيها نسبة التخصيب وسطياً حوالي 80 بالمائة.

تلك الكمية، بذلك التخصيب، لا تكفي لصنع أكثر من قنبلة ذرية واحدة. ولو كانت نسبة التخصيب قد بلغت نسبة 90 بالمائة، أو أكثر قليلاً، لكانت الكمية كافية لصنع قنبلتين. لأن مقدار الكتلة الحرجة ينخفض كلما إرتفعت نسبة النظير 235 في معدن اليورانيوم.

إذا اجتمعت تلك الكتلة من اليورانيوم على شكل كرة مرصوصة، وهي أعلى من الكتلة الحرجة لذلك المعدن، فإن كل تفاعل ذري يحدث بداخلها يؤدي وسطياً إلى أكثر من تفاعل إنشطاري آخر. بذلك تتوالى الإنشطارات بسرعة، ويزداد عددها جيلاً بعد جيل، حتى تشمل جميع ذرات اليورانيوم 235 المتوفرة في تلك الكرة، وتتفجر عن ذلك طاقة هائلة.

وكلمة «وسطياً» تعني بأن بعض التفاعلات لا يؤدي إلى أي تفاعل، وبعضها يؤدي إلى تفاعلين أو أكثر، بحيث يؤدي ألف تفاعل، مثلاً، إلى أكثر من ألف تفاعل جديد.

أمّا إذا كانت تلك الكتلة متفرقة، فإن عدد التفاعلات الذرية

في كل جزء منها يتناقص بين جيل وما يليه، ثم تنقطع، وبذلك فإن الطاقة المنبعثة منها لا تزيد كثيراً عن الطاقة المنبعثة طبيعياً من معدن اليورانيوم فتبقى ضئيلة الغزارة.

تمت قسمة كتلة اليورانيوم المخصب إلى نصفين، لا يجتمعان حتى لحظة تفجير القنبلة. على أن يتم ضمهما معاً في تلك اللحظة بأقصى سرعة ممكنة، فتتكاثر أجيال التفاعلات في الكتلة المجتمعة، ويتم الانفجار.

ولقد حرص مصممو القنبلة على تفادي احتمال أن تقع إحدى كتلتي اليورانيوم على الأخرى أثناء تداول القنبلة، أو بفعل إهتزازات وسيلة النقل. لأن تقاربهما يزيد من مقدار التفاعلات بينهما، وقد يؤدي إلى رفع الطاقة المنبعثة منهما إلى مستوى الانفجار. فإن النيوترونات المنفلتة من إحدى الكتلتين قد تدخل الكتلة الأخرى فتحدث فيها تفاعلات إنشطارية.

سرعة ضم نصفي كتلة اليورانيوم لحظة التفجير أمر في غاية الأهمية. لأن الطاقة المنبعثة منهما تأخذ بالتزايد بسرعة، بمجرد أن تقتربا من بعضهما. وذلك قد يجعل مادتهما تنصهر ثم تتبخّر وتتشتت قبل أن تشملهما التفاعلات بنسبة كبيرة، وبذلك تتوقف سلسلة التفاعلات ولا يتم من الانفجار سوى قدر ضئيل.

كان تصميم قنبلة هيروشيما بسيطاً لبلوغ السرعة العالية المطلوبة. فهو يستعمل مدفعاً لضم كتلتي اليورانيوم الى بعضهما. ولذلك فقد سُمّي ذلك التصميم «طراز المدفع» (Gun-Type).

تم صبّ إحدى هاتين الكتلتين على شكل أسطوانة مقتطعة من وسط كرة، والآخرى على شكل كرة اقتطعت من وسطها أسطوانة مطابقة لشكل الأولى. بحيث إذا تمّ إدخال الكتلة الأولى في تجويف الثانية بسرعة، قبل أن تحوّلها الطاقة المنبعثة منهما لبخار تتناثر ذراته، فإنهما يكوّنان معاً كرة أكبر قليلاً من الكرة الحديدية التي يرميها الرياضيون في مباريات ألعاب القوى، إلا أنها أثقل منها بأضعاف، لأن اليورانيوم أثقل من الحديد بأكثر من الضعفين.

وُضع الجزء الأسطواني في جوف مدفع صغير فيه حشوة مناسبة من المتفجّرات، والجزء الكروي الأجوف عند فوهة ذلك المدفع، وكل ذلك داخل غلاف معدني صلب وسميك يساهم في حصر التفاعلات، ويجعلها تدوم مدّة أطول، قبل أن تتبعثر مادة اليورانيوم بفعل الانفجار.

بلغت زنة قنبلة هيروشيما حوالى أربعة أطنان، وحملتها أكبر الطائرات المعروفة في تلك الأيام، من طراز B-29، حلّقت على أعلى إرتفاع لها، وكان حوالى 10 آلاف متراً.

كان في القنبلة جهاز تفجير آلي، يُضرم النار في المدفع في اللحظة المطلوبة، بعد إلقاء القنبلة من الطائرة ببعض الوقت، وقبل أن تقع القنبلة على سطح الأرض ببضع مئات من الأمتار، وذلك كي يكون المفعول التدميري للقنبلة أكثر إتساعاً.

عند إضرام النار، إنطلقت قذيفة اليورانيوم الأسطوانية من قعر

المدفع، ثم بدأت تدخل في تجويف الجزء الآخر من كرة اليورانيوم المثبت عند تلك الفوهة. وقبل أن تصل إلى نهاية الشوط، كانت سلاسل الإنشطارات الذرية قد شملت جزءاً غير قليل من كتلة المعدن، يقرب من حوالى واحد بالمائة من مجموعها، فأدت إلى فيض من الطاقة، بادئة بإحداث الانفجار الكبير.

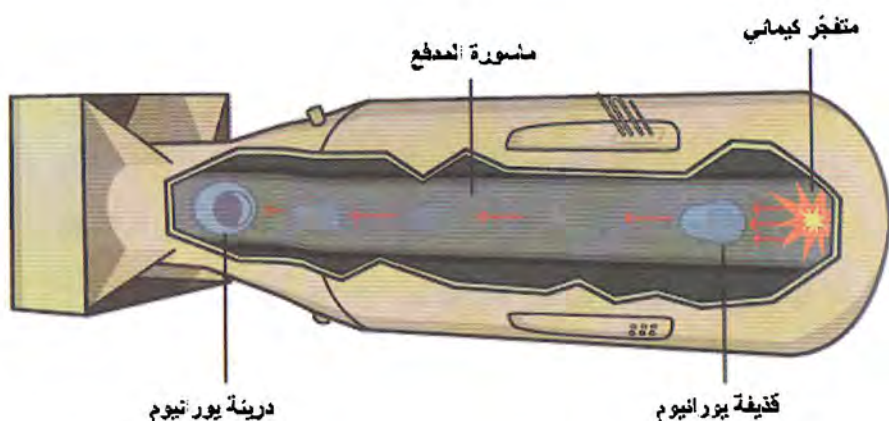
لم تكتمل التفاعلات الإنشطارية في تلك القنبلة حتى تشمل جميع ذرات حشوتها من اليورانيوم 235، لأنه بمجرد أن بدأت الطاقة الذرية المنبعثة من تلك التفاعلات ترتفع، وقبل أن تشمل الإنشطارات كافة كتلة اليورانيوم، تبخّرت تلك المادة وبدأت بالتناثر فأنقطعت سلاسل التفاعلات الإنشطارية فيها.

حدث كل ذلك خلال برهة تقلّ عن جزء من ألف جزء من الثانية، وهو الوقت اللازم للقذيفة كي تدخل في الكرة المجوفة، من أولها لآخرها.

وكّلما كانت سرعة القذيفة عالية، كلّما تسنى للتفاعلات أن تتكاثر، وللإنفجار بأن يشتد.

ورغم شدة قذف المدفع الصغير المضمّن في قنبلة هيروشيما، حيث بلغت سرعة قذيفة اليورانيوم فيه ما يقرب من 300 متراً في الثانية، فإن انفجار تلك القنبلة لم يشمل سوى حوالى واحد بالمائة من كتلة اليورانيوم فيها. إلا أن تلك النسبة كانت كافية لإطلاق طاقة قُدّرت بما يعادل 15 ألف طن من المتفجّرات الكيميائية

الشديدة، فدمّرت مدينة هيروشيما وقتلت فوراً 70 ألفاً من سكانها، سوى من قُتل منهم بعد ذلك بفعل الإشعاعات والسموم التي أطلقتها القنبلة والغبار الذري الذي أثارته.



قنبلة ذرية من طراز المدفع

تصميم قنبلة ناغازاكي

كان تصميم القنبلة الأولى التي تمت تجربتها في «ترينيتي» والأخرى التي ألقيت فوق «ناغازاكي» أكثر تعقيداً وأدقّ تقنية من تصميم قنبلة هيروشيما. وهو ما زال معتمداً في معظم دقائقه حتى يومنا هذا.

لم يكن الدافع الأساسي لذلك التعقيد تحسين أداء القنبلة، وإنما كان للضرورة، بسبب إستعمال البلوتونيوم بدلاً من اليورانيوم. ذلك لأن سرعة قذيفة المدفع غير كافية في حال إستعمال ذلك المعدن المصطنع.

أساس المشكلة هو أن البلوتونيوم يحتوي دائماً على نسبة ما (غير كبيرة) من النظير 240، إلى جانب النظير 239 المطلوب، ويكاد يستحيل الفصل بين النظيرين.

ذلك النظير 240 للبلوتونيوم قابل كذلك للإنشطارات المتسلسلة، وبالتالي للإنفجار الذري، مثل نظيره 239، إنما هو أسرع إنشطاراً منه. وقد يبدو لأول وهلة أن ذلك يسهّل تفجير القنبلة، إنما العكس هو الصحيح.

فالمشكلة أننا لو إعتدنا مع البلوتونيوم التصميم المدفعي، وسرعة القذيفة فيه حوالى 300 متراً في الثانية، كما في قنبلة هيروشيما، فإن التفاعلات تتكاثر في البلوتونيوم 240 قبل سواها، وتبدأ بنشر الطاقة بسرعة فائقة من حولها، قبل ولوج الجزء المقذوف طويلاً في جوف الجزء الثابت. عندئذٍ ترتفع حرارة المعدن كله،

ويتبخّر ثم يتناثر بسرعة، فتتوقّف التفاعلات الذرية وهي ما زالت في بدايتها، فلا يتم من الانفجار الذري إلا جزء يسير، كما تنفجر الذخيرة الفاسدة.

لا سبيل لمعالجة تلك المعضلة بتنقية البلوتونيوم 239، أي بالتخلّص من نظيره 127، لأن فارق الوزن و الحجم بين ذرات هذين النظيرين ضئيل جداً، فهو أصغر بثلاث مرات من الفارق بين نظيري اليورانيوم.

هناك في الواقع وسائل تمكّن من الحدّ من نسبة النظير 240 أثناء توليد البلوتونيوم، وهي وسائل معتمدة فعلاً. والبلوتونيوم الذي تمّ إنتاجه يومئذٍ في مختبرات «بيركلي» «بكاليفورنيا» كان يحتوي على أقل من واحد بالمائة من ذلك النظير، وهي نسبة تعتبر ممتازة، إلا أن طراز المدفع لا يجدي معها إلا إذا بلغت سرعة قذيفته أكثر من ثلاثة أضعاف ما كان في قنبلة هيروشيما.

فالحل الوحيد كان بأن يتم ضم أجزاء كتلة البلوتونيوم إلى بعضها لحظة التفجير بسرعة فائقة، أعلى من سرعة قذيفة المدفع بأكثر من ثلاثة أضعاف.

زيادة كمية المتفجر في المدفع، بغية زيادة سرعة القذيفة، محدودة بقوة تحمّله للضغط، فإذا ازداد الضغط عن ذلك انفجر المدفع، ولم تزد سرعة القذيفة. فلا بد إذن من حل آخر.

لم تحتوِ قنبلة البلوتونيوم على أي مدفع. وكتلة البلوتونيوم لم تكن مقسومة فيها إلى نصفين، وإنما كانت على شكل كرة جوفاء.

وكونها كذلك، بدلاً من أن تكون ممتلئة، يجعل تسلسل التفاعلات فيها دون النسبة الحرجة، فلا تنفجر.

أما إذا تمّ عصر تلك الكتلة، حتى تتحوّل الكرة الجوفاء إلى كرة ممتلئة، فإن النيوترونات المنطلقة من كل تفاعل لا تعود تنفلت بسهولة، بل يصطدم معظمها بنوى ذرات اليورانيوم، وتتزايد أجيال التفاعلات بدلاً من أن تتناقص، وتتفجّر منها طاقتها الذرية.

فكيف يمكن عصر الكرة الجوفاء، حتى تمتلئ، بسرعة عالية كما هو مطلوب؟

تحقيقاً لذلك الهدف كان تصميم قبيلة البلوتونيوم على شكل طبقات متداخلة من الكرات الجوفاء، كالبصلة.

كان الغلاف الخارجي للقنبلة، رغم متانته الشديدة، لا يصمد بوجه الانفجار الكيميائي، بل يتفجر معه، إلا أنه يكفي لجعل الانفجار شديداً بداخله. وبداخل ذلك الغلاف كرة جوفاء مكوّنة من كمية كبيرة من المتفجرات الكيميائية العنيفة، تفوق الطن، تحيط بها صواعق كهربائية تضرّمها في نقاط عديدة، وفي لحظة واحدة.

تلك المتفجرات كانت مركّبة من نوعين، أحدهما أسرع من الآخر، وهي مصممة هندسياً على شكل دقيق مدروس. والهدف من تلك الهندسة أنه حينما يبدأ تفجير تلك المواد كهربائياً، في النقاط العديدة من حولها، تسري في تلك المادة موجات الانفجارات بحيث تلتقي جميعها على الصفحة الكروية الداخلية لها في آن واحد معاً.

تنطلق بذلك من المادة المتفجرة موجتان كرويتان صاعقتان، واحدة نحو الخارج، تحطم الغلاف الخارجي للقنبلة، والأخرى نحو الداخل، تسمى موجة «إنقباضية» (Implosion) كروية الشكل، تعصر ما بداخلها بقوة هائلة وبسرعة فائقة، لشدة مفعول المتفجرات وكثرة كميتها.

وُضعت بداخل كرة المتفجرات الكيميائية الجوفاء كرة معدنية ثقيلة جوفاء أيضاً، سُمّيناها «دريئة»، مصنوعة من طبقتين. الطبقة الأولى الخارجية للدريئة مصنوعة من سبيكة من معدن الألومينيوم ومادة «البورون»، وظيفتها أن تعكس ما أمكن من النيوترونات، كما تعكس المرآة الضوء، بدلاً من أن تدعها تنفلت، وذلك يزيد من نسبة تكاثرها.

أما الطبقة الثانية بداخلها فهي من مادة شديدة الثقل، كانت في الواقع من اليورانيوم الطبيعي غير المخصَّب، لا لسبب إلا لأنه من أثقل المعادن. ولقد بلغ وزن تلك الطبقة في قنبلة ناغازاكي حوالى طُنتين.

وظيفة الطبقة الثانية الداخلية أن تحمل الموجة الإنقباضية وتُثقلها كي تعصر كرة البلوتونيوم بشدة، كفعل المطرقة الحديدية، فلا ترتدّ عن البلوتونيوم بمجرد أن ترتفع حرارته ويتبخّر، بل تستمر في إندفاعها ولو للحظة وجيزة، فإن تلك اللحظة، على قصرها، تزيد من التفاعلات الذرية كثيراً وتجعلها تشمل جزءاً أكبر من كتلة البلوتونيوم.

شدة المتفجرات الكيميائية وكميتها الكبيرة، ودقة هندستها بحيث تُحدث موجة إنقباضية عاصرة متناسقة على شكل كرة تصل متزامنة من جميع اتجاهاتها إلى السطح الخارجي لوقود البلوتونيوم، مثقلة بمعدن اليورانيوم، تؤدي إلى رصّ كرة البلوتونيوم، بل تعصرها إلى أدنى من حجمها الطبيعي المعتاد، كأنها كرة من المطاط عندما تنضغط.

بذلك تضيق أبواب الانفلات أمام النيوترونات، فترتفع نسبة توالي التفاعلات الذرية الإنشطارية حتى تفوق النسبة الحرجة، فتشمل جزءاً كبيراً من البلوتونيوم بسرعة، قبل أن ترتد متناثرة وتنقطع سلاسلها.

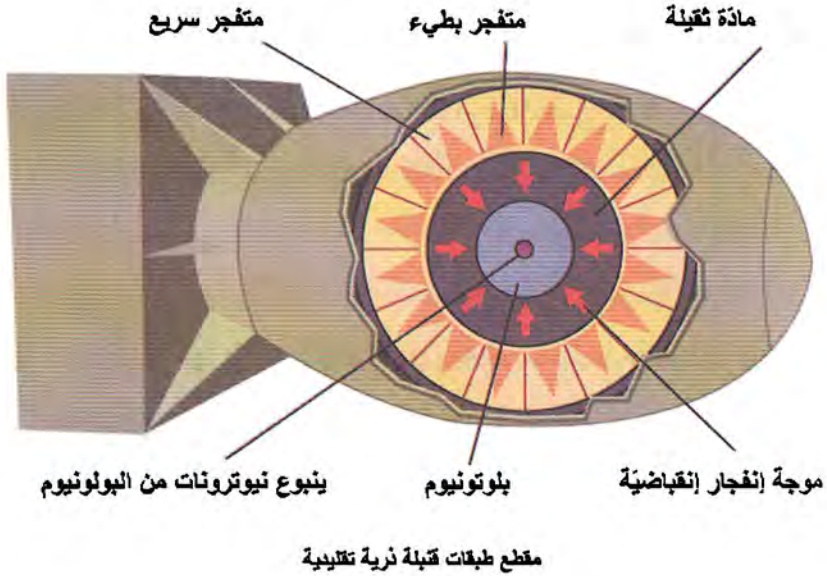
وقيل أنه قد وُضعت في وسط القنبلة كمية صغيرة من مادة «البلوتونيوم» الشديدة الإرسال للنيوترونات، كي تكون البادئة، لحظة رصّ كرة البلوتونيوم، بتوليد جيل أول كبير العدد من أجيال النيوترونات المتوالدة بالتعاقب.

هذا التصميم، وتلك الكمية الكبيرة من المتفجرات الكيميائية، أدّى إلى تكاثر الإنشطارات في قنبلة ناغازاكي حتى شملت أكثر من 10 بالمائة من كتلة البلوتونيوم، قبل أن تتناثر ذراته المتبخرّة. وبذلك كانت الطاقة الذرية المنبعثة منها أعلى مما تفجّر من قنبلة هيروشيما، رغم أن كمية الوقود الذري فيها كانت حوالي 6 كيلوغرامات فقط، بمقابل 60 كيلوغراماً من اليورانيوم في قنبلة هيروشيما، أي ما يقرب من العُشر.

إلا أن كمية المتفجرات المستعملة في تلك القنبلة، وشكلها الكروي، جعلها أضخم حجماً بمرتين من قنبلة هيروشيما، وأثقل منها بحوالى نصف طن (أربعة أطنان ونصف بمقابل أربعة أطنان)، رغم خلّوها من مدفع يثقلها.

لذلك سُمّيت «الرجل السمين»، والأخرى «الولد الصغير».

وقيل إن إختيار ذلك الإسم كان على سبيل المزاح، تشبيهاً برئيس وزراء بريطانيا «ونستون تشيرشل».



الإستخدامات السلمية

تأخرت صناعة المولّدات الذرية للطاقة الكهربائية عدة أعوام عن صناعة الأسلحة. فلم يتمّ إنشاء أول محطة توليد للكهرباء منها حتى عام 1954. هذا بينما كانت الصناعة الذرية العسكرية قد قطعت أشواطاً إضافية كبيرة خلال تلك الأعوام من الحرب الباردة. فلقد تمّ عام 1952 صنع قنبلة تفوق قدرتها التدميرية قنبلة هيروشيما بمئات المرات. وهي التي سُمّيت في حينه بالقنبلة «الهيدروجينية».

وما يُذكر أن الإتحاد السوفييتي هو الذي أنشأ أول محطة ذرية لتوليد الكهرباء، منتصف عام 1954، وذلك قبل الولايات المتحدة الأمريكية بثلاثة أعوام، بعدما كانت أمريكا قد سبقته في صنع القنبلة بأربعة أعوام.

وربما لم يكن سبب السبق السوفييتي تكنولوجياً بل إقتصادياً. أي أن أمريكا لم تكن يومئذ شديدة الإهتمام بتطوير مصادر بديلة للطاقة الكهربائية الصناعية أو المنزلية، حيث كانت غنية بالبترول، وتمتلك معظم آبار بترول الشرق الأوسط، بالإضافة إلى الآبار الأمريكية. بينما كان الوضع مختلفاً تماماً في الإتحاد السوفييتي.

والحقيقة أن صناعة المولّدات الذرية بالطاقة الكهربائية ليست أشد تعقيداً من الصناعة الذرية العسكرية. بل العكس هو الصحيح. إلا أن الهدف كان مختلفاً بالنسبة لهاتين الصناعتين. فبينما كان الهدف العسكري هو كسب قصب السبق في المنافسة

على قدرة تدمير الآخرين، كان هدف الصناعة المدنية تنويع مصادر الطاقة، وإنتاجها بأسعار منافسة للمولّدات الحرارية، العاملة بالبتروّل أو الغاز أو الفحم.

كذلك فإن مراعاة معايير السلامة والحفاظة على صحة العاملين في المولّدات والمقيمين في جوارها، وعلى البيئة بشكل عام، قد دعت إلى التّأني في تطوير الصناعة الذرية السلمية، ورفعت تكلفتها. وليس الأمر كذلك مع الصناعة العسكرية، حيث تبين فيما بعد أن الجري وراء الإنجاز العسكري قد أدّى أحياناً إلى تعريض بعض العاملين والجنود لأخطار الإشعاعات الذرية، بمعرفة ودراية قياداتهم.

أمّا الأسس العلمية التي تقوم عليها الصناعتان الذريتان، فهي واحدة. والفرق بينهما أن الصناعة المدنية تسعى إلى رفع نسب تسلسل الإنشطارات في المولّدات الذرية حتى تقترب كثيراً من النسبة الحرجة، دون أن تتجاوزها، كي لا تجعل الطاقة تتفجّر من الوقود الذري دفعة واحدة، كما تهدف له الصناعة العسكرية، بل بأن تتدفّق بالغزارة التي تتناسب مع قدرة المولّدات على تحويلها إلى كهرباء، ومع مقادير الحاجة الإستهلاكية لها.

ذلك يعني في الواقع أن لا تُستنفذ طاقة الوقود الذري في المفاعلات إلا على مدى بضعة أعوام، بدلاً من أن تتفجّر خلال جزء يسير من الثانية، كما في القنابل النووية.

الفرق كبير بين الأعوام العدة، وبين كسر الثانية، إلا أن ذلك

يقابله فرق محدود في نسب التفاعلات المتوالية. ففي المفاعلات تكون النسبة قريبة جداً من نسبة مائة بالمائة، فتتوالى أجيال التفاعلات متساوية العدد، لا تزيد ولا تنقص. بينما قد تبلغ تلك النسبة مائتين في المائة في القنابل، أي أن يتضاعف عدد التفاعلات بين الجيل والآخر.

ذلك يدعو إلى ضرورة التحكم في المفاعلات الذرية بنسبة تسلسل تفاعلات ذرات الوقود بدقة عالية، لئلا تخبو نار الطاقة المنبعثة، أو أن تتفجّر بأشد ما ينبغي فتضرم النار فيما حولها. وغالباً ما يصمّم مثل ذلك التحكم بحيث تتراوح حرارة الوقود الذري ما بين أربعمائة وستمائة درجة. وإذا إرتفعت الحرارة فوق هذا الحد، يرتفع خطر إحتراق المحطة.

وقد يفلت زمام الأمر من أيدي المشرفين، فترتفع نسب تكاثر التفاعلات، وقد تتجاوز نسبة مائة بالمائة، فتصبح المحطة كناية عن قنبلة ذرية ضخمة، تتفجّر منها الطاقة المعدّة للإستهلاك في أعوام خلال لحظة، كما حدث يوماً في محطة «تشيرنوبيل» بأكرانيا، بتاريخ 26 نيسان عام 1986.

هنالك عدّة أطرزة للمحطات الذرية. إلا أن معظمها يعمل باليورانيوم المخصّب، أي الغني بالنظير رقم 235، وليس بالبلوتونيوم. والسبب الأول وراء ذلك هو أن البلوتونيوم غير متوافر في الطبيعة، وتوليده من اليورانيوم يحتاج بحد ذاته إلى صناعة مستقلة ومتطورة.

ورغم ذلك فإن بعض المفاعلات تستعمل البلوتونيوم بدلاً من اليورانيوم المخصَّب، أو أنها تستعمل خليطاً من الإثنين. وأحد الأسباب التاريخية لذلك هو معاهدة «سالت» (SALT) التي إتفقت أمريكا والاتحاد السوفييتي بموجبها على خفض مخزونهما من الأسلحة النووية. فبدلاً من إتلاف معدن البلوتونيوم الثمين، المستخرج من القنابل المفكَّكة، تم إستعماله في المفاعلات المولِّدة للكهرباء.

ولا تحتاج المحطات الذرية بالضرورة إلى يورانيوم عالي الخصوبة (أو إلى بلوتونيوم نقي) كما في القنابل الذرية، رغم أن كلا الصناعتين تقومان على نفس الأسس العلمية لتنشيط إنبعاث الطاقة الذرية بالتفاعلات المتسلسلة. إنما يُكتفى بتخصيب متواضع لليورانيوم، ويُستعاض عن فارق التخصيب بوسيلتين أخريين لزيادة نسبة تسلسل التفاعلات حتى تقترب من النسبة الحرجة.

الوسيلة الأولى بسيطة، وهي الإكثار من كمية اليورانيوم. فكلّما كبرت الكمية، طال مسار النيوترونات فيها، وازداد الإحتمال بأن تُحدث إنشطاراً قبل أن تنفُت. لذلك فإن كمية اليورانيوم المستعملة في المحطات الذرية لتوليد الكهرباء قد تبلغ مئات الأطنان، بينما هي لا تتجاوز بضع عشرات من الكيلوغرامات في القنبلة الذرية العاملة بهذا المعدن.

والوسيلة الثانية هي إستعمال مواد تخفض السرعات الفائقة لمعظم النيوترونات، فتجعلها لا تنفُت بسهولة من بين ذرات اليورانيوم 235.

معظم المحطات الذرية لتوليد الكهرباء تكتفي بيورانيوم مخصَّب بنسبة تتراوح بين ثلاثة وخمسة بالمائة. أي أنها أخصب من اليورانيوم الطبيعي ببضعة أضعاف فقط.

يوضع اليورانيوم عادةً في مواسير من زجاج «الزيركونيوم» الذي يتحمَّل الحرارة المرتفعة، فلا ينصهر بسهولة، وتخرقه النيوترونات دون عناء. وتوضَّب المواسير في حُزْم، والحُزْم في حوض من الماء العادي أو الماء الثقيل (وهو نادر وقيم)، فتخرج الحرارة من المواسير الملتهبة بالتفاعلات الذرية إلى الماء فيتبخَّر، ويخرج البخار لتشغيل المحرَّكات المولِّدة للطاقة.

وإذا كانت المحطة تعمل بالماء الثقيل فإن تلك المادَّة تقوم أيضاً بخفض السرعات الفائقة للنيوترونات التي تنطلق بين المواسير، إلى جانب عملها بنقل الطاقة الحرارية بالتبخُّر.

أمَّا إذا كان الماء العادي هو المستعمل، فإنه لا يساهم كثيراً في خفض سرعة النيوترونات، لذلك تُضاف خافضات أخرى لتلك السرعة، على شكل صفائح من فحم الغرافيت، تتخلَّل مواسير اليورانيوم في حوض الماء.

والواقع أن البخار الخارج من حوض التفاعلات الذرية لا يتناسب كثيراً مع إستعماله في المحرَّكات المعتادة، والمسمَّاة «عَنَفَات» (Turbine). فهو أولاً عالي الحرارة جداً، غالباً ما تفوق حرارته 300 درجة مائوية، و«العَنَفَات» المعتادة لا تتحمَّل مثل تلك الحرارة.

وهو كذلك مشحون بالنيوترونات الخطيرة على صحة العاملين،

مما يوجب إتخاذ احتياطات إضافية للحماية منها، كحجب الأجزاء التي تحتويها بجدران سميكة وتشغيلها بواسطة التحكم الآلي عن بعد.

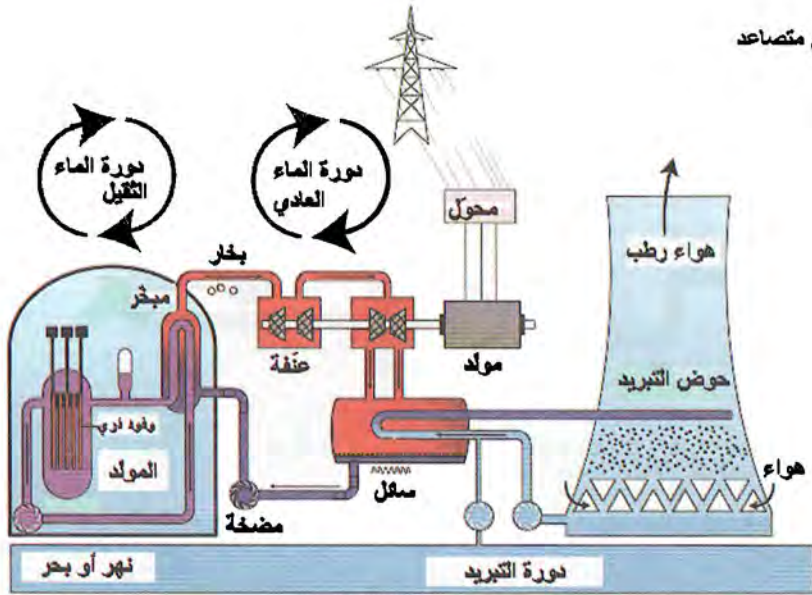
لتلك الأسباب، لا يخرج بخار الماء في كثير من المحطات، لاسيما الفرنسية منها، من حوض التفاعلات الذرية مباشرةً إلى المحركات (العنفات)، بل يخرج ضمن مواسير مغلقة تتحمل الضغط المرتفع الذي تتعرض له، إلى صهريج يقوم بدور المِرْجل المولّد لبخار ثانٍ يشغّل المحركات.

أمّا البخار الثاني الخارج من المِرْجل، فإنه يشغّل المحركات ثم يخرج منها، ليس إلى الفضاء مباشرة، بل إلى قعر أحواض ضخمة، مصنوعة على شكل أبراج أسطوانية مفتوحة، فيتحول فيها إلى ماء، وذلك أجدى لتشغيل المحركات من خروجه إلى الفضاء.

ترتفع حرارة الماء في الأحواض الضخمة، دون أن تصل لدرجة الغليان. إلا أن سخونة الماء تجعل البخار يتصاعد كأنه الغمام. وذلك ما يشاهده الناس على بعد عدة كيلومترات، عندما يمرون على مقربة من إحدى تلك المحطات.

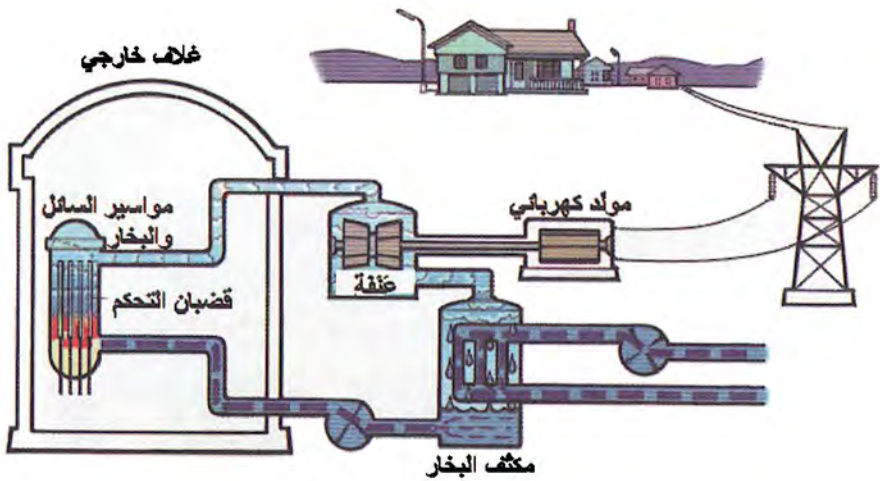


محطة ذرية أمريكية
المفاعل ضمن المبنىين المستديرين



مولد نري فرنسي يعمل باليورانيوم المخصَّب ويتخير الماء الثقيل

أمّا في المحطّات الأخرى، لاسيما الأمريكية العاملة بالماء العادي، فإن البخار الأول يشغّل مباشرة محرّكات مصممة لتحمل حرارته المرتفعة، ثم يتحوّل إلى ماء في مكثفات تعمل تحت ضغط مرتفع. وتبرّد المكثفات عبر دورة أخرى للمواسير متصلة بقعر الأحواض الضخمة.



مولد نري أمريكي يعمل بالماء العادي

تفشي الأسرار

الإختراق السوفييتي

أبلغ ستالين بشأن الأبحاث الذرية العسكرية في شهر نيسان عام 1942. ولم تكن تلك الأبحاث قد إنتظمت حتى ذلك الحين إلا في بريطانيا، تحت إسم «تيوب ألّوز».

أمّا في أمريكا فلم تنتظم حتى خريف ذلك العام، في إطار مشروع «مانهاتن»، الذي إنضمّت إليه المجموعة البريطانية، والتحق بها الباحثون الأمريكيون، ومعظمهم أوروبيون كانوا قد فروا من بطش النازية.

كانت غالبية هؤلاء من اليهود والشيوعيين. وبطبيعة الأمر، لم يكن لوجود اليهود في مراكز الأبحاث الأمريكية أي حرج، بل كانوا، على العكس، مفضّلين بين سائر المهاجرين إلى أمريكا، لضعف أو عدم ولائهم للبلدان التي أتوا منها، وبالتالي لسهولة تحوّل ولائهم إلى وطنهم الجديد.

أمّا بالنسبة للشيوعيين، المعروفين بولائهم للإتحاد السوفييتي، فكان الحذر منهم شديداً، رغم تحالف أمريكا والإتحاد السوفييتي في الحرب الدائرة.

كان تسرب بعض المعلومات بشأن تلك الأبحاث أمراً شبه طبيعياً، رغم سرّيتها، لأن الباحثين في مختلف أنحاء أوروبا كانوا على تواصل فيما بينهم قبل الحرب. ولا شك أن بعض ذلك التواصل قد إستمر خلال الحرب، بين البلدان المتحالفة، لاسيّما وأن مشروع صنع القنبلة كان حتى ذلك الحين أقرب إلى الرهان منه إلى الخطة الموثوقة.

أمر ستالين بتنظيم الأبحاث الذرية العسكرية دون تأخير، إلا أنه لم يكن حينئذ في وضع يسمح له بدعم ذلك المشروع بما يكفي من المال والباحثين. فالحرب كانت فوق أراضي بلاده، والجيش الألماني على مشارف موسكو. بينما كانت الجيوش الأمريكية ما زالت في طور الإعداد لدخول المعركة.

لذلك فإن الأبحاث الذرية السوفيتية قد راوحت مكانها طيلة الحرب، حتى نجاح أمريكا بصنع أول قنبلة.

ويروي المؤرخون كيف أن ترومان قد أبلغ ستالين في «بوتسدام»، بألمانيا المهزومة، بأن أمريكا قد نجحت في صنع قنبلة ذات قدرة تدميرية هائلة، وكيف أن الدهشة لم تبدُ على ستالين، ولا حتى الإهتمام، بل أجاب بكلمات قليلة مؤدّبة، معرباً عن غبطته بسماع ذلك الخبر!

فهل كان ستالين على علم بأن أول تجربة تفجير قنبلة ذرية كانت قد تمّت بنجاح، قبل ذلك بأسبوع واحد فقط؟
لا شك بأن ستالين قرر في حينه أن يحصل على أسرار تلك

القنبلة بأسرع وقت، وبأي ثمن، وأنه قد جُنِّد لتلك الغاية خير ما لديه من قدرة إستخباراتية.

نجح الإتحاد السوفييتي في الحصول على الأسرار المطلوبة، واستطاع بذلك أن يصنع أول قنبلة ذرية ويفجّرُها بنجاح أواخر شهر آب عام 1949، بعد أمريكا بحوالى أربع سنوات فقط.

ولقد أطلق الأمريكيون على أول قنبلة ذرية سوفيتية إسم «جو-1». وكلمة «جو» هنا هي «إسم الدلع» الشائع لديهم لمن كان إسمه «جوزيف». وكان الرئيسان «روزفلت» و«تشرشل» يستعملانها في مراسلاتهما للتعبير سراً عن «جوزيف ستالين». ويقال أنهما قد خاطباه بها في مؤتمر «يالطا»، على سبيل المداعبة.

جُن جنون الأمريكيين. فهم كانوا قد قرروا إخفاء تلك الأسرار حتى عن أقرب الحلفاء إليهم، مثل بريطانيا، رغم أن تلك كانت الرائدة بين الحلفاء في الأبحاث العسكرية الذرية، وأنها كانت قد وضعت كل ما لديها من أسرار وباحثين ومعدّات بتصرّف أمريكا. بدأت بذلك في أمريكا حملة تحريات عارمة للكشف عن

مسرّبي الأسرار. وبعد عام من ذلك، تم كشف أحدهم، وهو عالم فيزياء ألماني شيوعي إسمه «فوكس» (Fox)، غادر ألمانيا إلى بريطانيا عند وصول هتلر للسلطة عام 1933، ثم إلتحق بالمجموعة البريطانية في كندا للمشاركة في مشروع «مانهاتن» لصنع القنبلة.

ولقد تمّ كشف «فوكس» والعشرات من جواسيس آخرين للسوفييت، منهم مقيمون في كندا ومنهم وافدون إليها خفية، إثر

لجوء أحد كبار مسؤولي الإستخبارات السوفيتية في كندا إلى الغرب، وإسمه «إيغور غوجنكو» (Igor Gouzenko)، وكشفه أسماء عملاء سوفيت عديدين. وكان ذلك أوائل شهر أيلول عام 1945، بعد شهر واحد من تدمير هيروشيما.

لم يعترف «فوكس» بشيء، حسب الرواية الرسمية، حتى عام 1950 ثم إعترف وأدين بالسجن، لا بالإعدام. ولربما تعمّدت الإستخبارات الأمريكية إستبقائه رهن التحقيق والضغط عليه للحصول على أكبر قدر من المعلومات، لاسيما أسماء الباحثين الذين قد يكونون قد تورّطوا في إفشاء الأسرار الذرية.

وقد إشتهر بين هؤلاء الزوجان «روزنبرغ»، «يوليوس» و«إيثيل» (Julius and Ethel Rosenberg). وهما يهوديان أمريكيان، عضوان في الحزب الشيوعي الأمريكي العلني. ولقد حُكم عليهما بالإعدام، ونُفذ الحكم بهما عام 1953.

وهناك آخرون أقل شهرة، كُشف أمرهم وسُجنوا لبضعة أعوام، مثل البريطاني «ألان نون ماي» (Alan nunn May).

ولعل أغرب من أفشى الأسرار الذرية للسوفيت، فيزيائي أمريكي، نبغ منذ صغره، إسمه «ثيودور هول» (Theodore Hall)، وإسمه الأصلي «ألفين هولتزبرغ» (Alvin Haltzberg) وإنما كان قد بدّله تستراً على هويته اليهودية. ولقد كان أصغر باحثي مشروع مانهاتن سناً، حيث إلتحق به وهو في الثامنة عشر، وتم إنجاز القنبلة وهو ما زال في سن العشرين.

لم يُكشف أمر «هول» في حياته التي إمتدّت حتى أواخر القرن العشرين، في تشرين الثاني عام 1999. إنما إعترفت بذلك زوجته بعد وفاته بفترة وجيزة، وذكرت أنه ذهب إلى السفارة السوفيتية من تلقاء نفسه، وقدّم لهم طوعاً بعض المعلومات حول أسرار القنبلة، ثم قدّم لهم تفاصيل أخرى بواسطة صديق له، يشاطره ميوله الشيوعية وكراهيته أن تحتكر أمريكا أسراراً عسكرية فائقة الخطورة.

ولم يطل مقام «هول» في أمريكا بعد إنكشاف أسرار القنبلة، بل هاجر إلى بريطانيا وأقام بها بقية حياته، وإشتهر بها أستاذاً للعلوم في جامعة كامبردج.

وقد يبدو غريباً أن يقوم عدد غير قليل من الباحثين بالتطوُّع لإفشاء أسرار بلادهم لخصومها. فالثابت أن هؤلاء لم يقوموا بذلك مقابل مكاسب شخصية. والواقع أن النزعة المعادية للخطرة العسكرية كان شائعاً في أوساط المثقفين في تلك الأيام، لاسيما بين المنتمين للأقليات الدينية والعرقية.

ربما قد جاء ذلك التصرّف من قبل بعض المشاركين في صنع القنبلة كردّة فعل على طغيان النزعة الفوقية للأكثرية العرقية في أمريكا. كما أن الشعور بالذنب قد تملّك في تلك الأيام الكثيرين من المشاركين بمشروع مانهاتن، بعد مقتل أكثر من مائة ألف من المدنيين الأبرياء، معظمهم من الأطفال والشيوخ والنساء، فاعتقد بعضهم أن إفشاء الأسرار الذرية يكفّر عن ذنبهم، ويخلق توازناً من

الرعب يؤدي إلى تحريم أسلحتها.

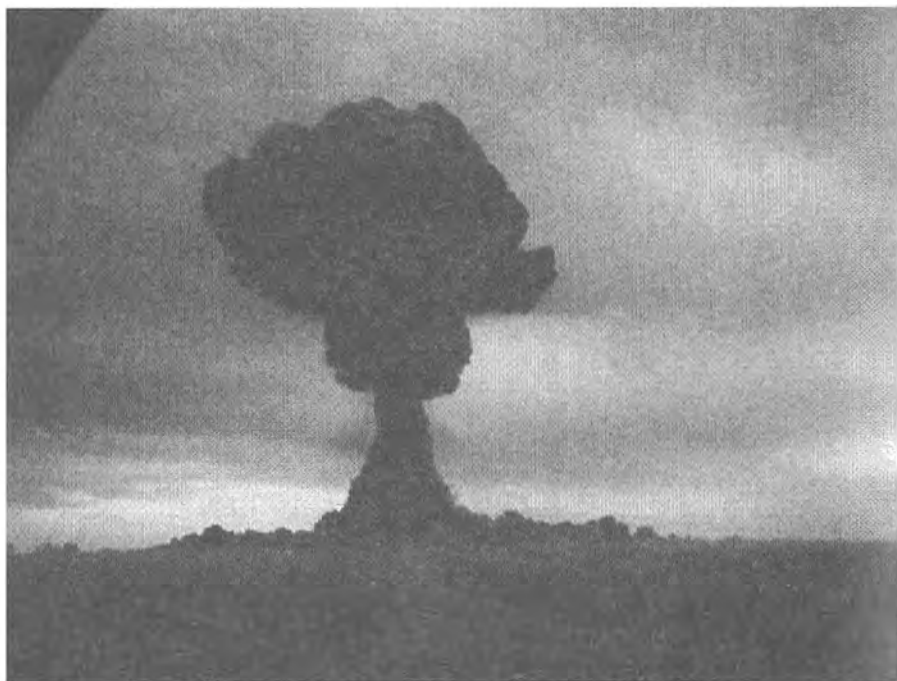
كان كبار العسكريين الأمريكيين يومئذ في أوج مجدهم، بعد إنتصارهم في الحرب العالمية، وخروجهم بأقل الخسائر، بينما عمّ الدمار بلاد أعدائهم وحلفائهم على حد سواء. وكان المثقفون يخشون أن تسود الغطرسة العسكرية أمريكا وتشتد فيها النزعة العرقية الفوقية لمن كانوا يُعرفون في وثائق الشرطة الفيدرالية بعبارة WASP، اختصاراً بالإنجليزية «البيض البروتستانت من العرق الأنجلو سكسوني»، ومعظم كبار القادة العسكريين، وربما جميعهم، منهم.

وفي تلك الأيام، كان التمييز العنصري ما زال نافذاً في قوانين الولايات الجنوبية من أمريكا. وفي الشمال كان حاضراً في الواقع، وإن لم يكن كذلك في القانون. والشعور المعادي لليهود، والمعروف «باللاسامية»، كان سائداً في الأوساط التي تصف نفسها بالوطنية. كل ذلك قد لعب دوراً في إفشاء الأسرار الذرية، أكثر مما لعبته القدرة الإستخباراتية لمنظمة ك ج ب (KGB) السوفييتية.

بعد الإختراق السوفييتي للأسرار الذرية الأمريكية، بدأ سباق التسلح على قدم وساق، وتمّ تجنيد آلاف الباحثين السوفييت لهذا الغرض. ولم تكد أمريكا تحقق الإنجاز الكبير التالي بصنع القنبلة الهيدروجينية في خريف عام 1952، حتى لحق بها الإتحاد السوفييتي في صيف العام التالي، بعد شهور فقط.

ثم توالى السباق حتى بلغ مخزون كل من الدولتين من

القنابل النووية، الذرية والهيدروجينية، ما يكفي لتدمير جميع المدن على سطح الأرض، ويزيد على ذلك.



**صورة تاريخية لأول قنبلة ذرية سوفياتية 1949
سمّاها الأمريكيون جو-واحد نسبة لجوزيف ستالين**

الحلفاء الأقربون

إنقلت الأسرار الذرية من أمريكا إلى حليفتها بريطانيا دون صعوبة، رغم ممانعة أمريكا الشديدة في ذلك. ثم إنقلت من الإتحاد السوفييتي إلى حليفته الصين بصعوبة، رغم تعهد الإتحاد السوفييتي بتسهيل ذلك الانتقال!

ولقد كان تحفظ السلطات الأمريكية على أسرارها الذرية شديداً منذ البداية، أثناء العمل في مشروع مانهاتن لإنتاج القنبلة، حتى بالنسبة لبريطانيا، مع أن بريطانيا كانت البادئة في هذا العمل، بين عامي 1940 و1942، وأنها نقلت كل ما لديها من أسرار وقدرات بشأنه إلى أمريكا.

وعندما إنتصر حزب العمال على حزب المحافظين في الإنتخابات التي أعقبت الحرب، وتولّى «أتلي» (Atlee) رئاسة الحكومة بدلاً من تشرشل، قررت السلطة الجديدة تطوير أسلحتها بشكل عام.

تولّى الإشراف على مشروع التطوير خبير المتفجرات «وليم بيني» (William Penny)، وهو البريطاني الوحيد الذي شارك في مشروع مانهاتن على أعلى مستوى. ولم يكن المشروع البريطاني يهدف إلى تطوير سلاح ذري، لذلك لم يكن إختيار «بينني» منطلقاً من كونه خبيراً بذلك السلاح، بل من كونه، في الأساس، أهم خبراء بريطانيا في المتفجرات التقليدية.

يبدأ العمل الجديد بذلك المشروع أواخر عام 1945، بعد

دمار هيروشيما بأربعة أشهر فقط. إلا أن «بيني» لم ينقطع عن أمريكا تماماً في حينه، بل ظل يتردد عليها لمتابعة تجارب تطوير قنابلها، ويطلع بالتالي على تطورات الأبحاث بشأنها.

كان تحفظ أمريكا على أسرارها الذرية، بالنسبة لبريطانيا، حتى ذلك الحين واقعاً غير معلن. وبعد شهور قليلة، في صيف عام 1946، قررت إدارة الرئيس ترومان رسمياً حجب المعلومات الذرية بشكل مطلق، حتى عن حلفائها الأقربين. ولقد تم ذلك من خلال قانون أمريكي خاص عُرف بإسم «قانون ماك ماهون» (Mac Mahon Act)، وكان تمهيداً لنشوء حلف شمال الأطلسي، الذي تتفرد أمريكا ضمنه بالسلاح الذري، جاعلة ذلك السلاح بيدها مظلة واقية للأعضاء الآخرين، وجاعلة إياهم عاجزين عن الإستغناء عنها، ومسلمين إدارة شؤونهم العسكرية لها.

قرر «بيني» عندئذ العودة إلى بلاده كي يعرض على المسؤولين فيها مسودة مشروع خاص بصنع قنبلة ذرية بريطانية، وعرض تلك المسودة على السلطات العسكرية البريطانية، ثم عاد لعمله في أمريكا، بصفته خبيراً لدى سلطاتها العسكرية، وجعل ينتظر إشارة من بلاده للموافقة على مخططة.

قرر «أتلي» ما سمّاه صنع قنبلة ذرية مدموغة «باليونيون جاك»، أي بالعلم البريطاني. وبدأ العمل بذلك القرار فوراً، في مطلع عام 1947. وتولّى «بيني» إدارته رسمياً في ربيع ذلك العام.

إنكبّ الفريق البريطاني على العمل المطلوب، إلا أن الوسائل

اللازمة لذلك لم تكن متوفرة بالقدر الكافي، فإن بريطانيا كانت مشغولة بتضميد جراحها من آثار الحرب، وتواجه كذلك مشكلة تفكك إمبرطوريته الواسعة. وأدت تلك المصاعب لتأخر المشروع، إلا أنه نجح بعد حوالى ثماني سنوات من الإنتظار في تفجير أول قنبلة ذرية، في خريف عام 1952، في إحدى صحاري أستراليا. ولم تتوقف بريطانيا عند ذلك الإنجاز، بل تابعت تطوير صناعتها العسكرية النووية حتى نجحت عام 1957 في تفجير قنبلة هيدروجينية، بعد الولايات المتحدة بخمس سنوات، متأخرة أربع سنوات عن الإتحاد السوفيتي.

هذا بالنسبة لبريطانيا. أمّا بالنسبة للصين، فلقد كان من المتوقع أن تستفيد من حلفها الطبيعي مع الإتحاد السوفيتي، لمواجهة النفوذ الأمريكي في الشرق الأقصى، وأن تدخل بذلك نادي صانعي الأسلحة النووية بسهولة. إلا أن الأمور لم تسر تماماً حسب ذلك التوقع.

أخذ تسرّب الأسرار الذرية من الإتحاد السوفيتي إلى الصين منحى معاكساً لما كان بين أمريكا وبريطانيا. فبينما كانت أمريكا تعارض شكلاً أن تمتلك بريطانيا أسرار الصناعة الذرية العسكرية، إلا أنها لا تحاول في الواقع عمل شيء جدّي لمنع حليفتها من تحقيق غرضها، كان الإتحاد السوفيتي، بالمقابل، قد وقّع معاهدة مع الصين، لتمكينها من تطوير صناعتها بشكل عام، إلا أنه كان في واقع الأمر يماطل ويسوّف بالنسبة للتكنولوجيا النووية.

كان الإتحاد السوفييتي حريصاً كأمريكا على التفرد بالصناعة الذرية في معسكره، كي لا تتسع دائرة الدول العظمى من حولهما. لذلك كانت أنشطته الذرية محصورة في روسيا، ومن ضمنها سيبيريا. فكان محظوراً على دول أوروبا الشرقية مثلاً أن تطوّر مثل تلك الأسلحة، أو حتى أن تتمكن من الصناعة الذرية المدنية.

إلا أن الإتحاد السوفييتي كان حتى ذلك الحين لم يكتشف ما يكفي من اليورانيوم في أراضيه، بينما كانت لدى الصين مناجم يُستخرج منها ذلك المعدن. لذلك فإن المعاهدة الذرية الأولى التي تمّ توقيعها بين الدولتين قد نصّت على أن تصدر الصين خامات اليورانيوم للإتحاد السوفييتي، وتحصل بالمقابل على معارف تكنولوجية.

ولم ترد في المعاهدة تفاصيل بشأن ذلك، ولم يذكر فيها موضوع السلاح الذري أو حتى التكنولوجيا الذرية بشكل صريح. كان تدفق المعلومات التكنولوجية من موسكو إلى بكين دون طموحات الصين. وفي عام 1953، إثر وفاة ستالين، وفي أواخر الحرب الكورية، حين كان الجنرال «ماك آرثر» يطالب الرئيس ترومان بالأمر بقصف الصين «بمائة قنبلة ذرية»، حسب تعبير ذلك القائد العسكري الذي قاد الجيوش الأمريكية ضد اليابان، في تلك الأيام العصيبة، أضيفت على المعاهدة بنود يتم بموجبها حصول الصين على تكنولوجيا توليد الطاقة الذرية السلمية، حيث كان الإتحاد السوفييتي متقدماً في ذلك المضمار، إذ هو أول من أنشأ

محطة من هذا النوع، سابقاً أمريكا بثلاث سنوات.

وفي عام 1957، أيام خروتشوف، بلغ النفوذ السياسي للإتحاد السوفييتي مدى واسعاً في العالم. فبعدما كان ذلك النفوذ مقتصرأً أيام ستالين على أوروبا الشرقية، فيما يبدو إلّ التزاماً بإتفاق «يالطا»، أدّى تفكك أمبرطوريات دول أوروبا الغربية إلى تحوّل كثير من بلدان تلك الأمبراطورية إلى تحالفها مع الإتحاد السوفييتي أو صداقتها معه، أو الوقوف على الحياد بين الشرق والغرب. كذلك تحوّلت دول أخرى مستقلة، مثل كوبا، من صداقتها مع أمريكا إلى الإتحاد السوفييتي.

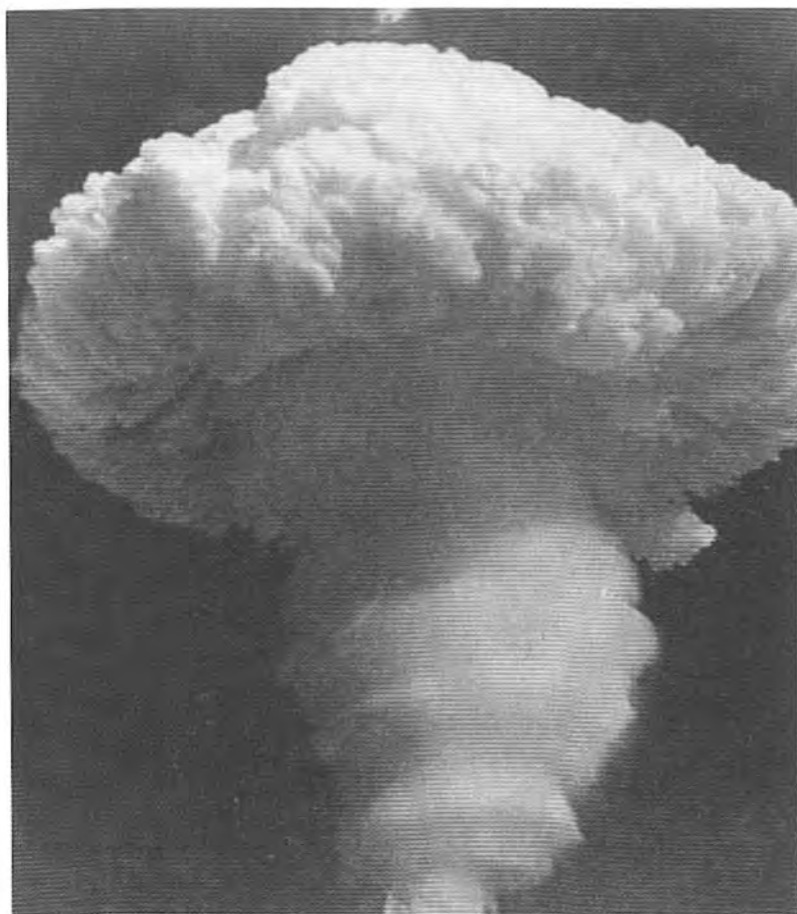
في تلك الأيام العصيبة، وفي ذروة التوسّع السياسي للشيوعية، تمّ الإتفاق صراحة بين الحليفين بأن يمد الإتحاد السوفييتي الصين بالتكنولوجيا العسكرية النووية، بما في ذلك تقديم «عيّنة» من القنابل الذرية، تكون نموذجاً تحتذيه الصين في صناعتها.

حصلت الصين فعلاً على تكنولوجيا تخصيب اليورانيوم ومعلومات صناعية ذرية أخرى، لاسيما السلمي منها. أمّا القنبلة «العيّنة»، فإنها لم تتلقّاها.

ثم ساءت العلاقات بين الحليفين، وتباطأ العمل بموجب الإتفاقية. وفي عام 1960 بدأ الإتحاد السوفييتي بسحب خبرائه في الصناعة الذرية من الصين.

ولكن عجلة التطور التكنولوجي الصيني كانت قد إنطلقت بالدوران بقوة وثبات. فلم ينقض العام 1964 إلا وكانت الصين قد

فجّرت قنبلتها الذرية الأولى.
وبعد ثلاث سنوات من ذلك، نجحت الصين في صنع وتفجير
قنبلة هيدروجينية.



الصين تفجر أول قنبلة هيدروجينية لها عام 1967

الحليف المتمرد، فرنسا

قُبيل الحرب العالمية الثانية، كانت فرنسا في الطليعة، من حيث الأبحاث الذرية. إلا أن تلك الأبحاث لم تكن موجهة نحو التطبيقات العسكرية، لا في فرنسا ولا في البلدان الأخرى.

ولم يكن ذلك الوضع المميّز مستغرباً على فرنسا، فإن الإشعاعات الذرية قد إكتشفت فيها، وكذلك تمّت فيها عدّة إكتشافات أخرى ذات صلة أساسية بالموضوع.

ولكن، عندما سقطت فرنسا في قبضة الجيوش الألمانية، في ربيع عام 1940، فرّ منها من فرّ، وإلتحق بالمقاومة السريّة من إلتحق، فتوقفت تلك الأبحاث.

وعندما تحرّرت فرنسا من الإحتلال الألماني، تمت نظرياً إستعادة الأبحاث الذرية، بقرار من الجنرال «دي غول» صدر في خريف عام 1945. إلا أن دي غول تخلّى عن منصبه وإنسحب من الساحة السياسية بعد ذلك بثلاثة أشهر فقط، بعدما إختلف مع قادة الأحزاب السياسية. لذلك فإن معاودة تلك الأبحاث إقتصرت على العموميات الأكاديمية، على غرار ما كان قائماً في جامعات أوروبا وأمريكا.

وكان ذلك يتناسب مع سياسة أمريكا في مبدأ عدم إنتشار التكنولوجيا الذرية، حتى لدى حلفائها، وبأن يكتفي هؤلاء بمطلّة حلف شمال الأطلسي، التي هي محض أمريكية في سلاحها الذري.

وفي عام 1952، عندما فجّرت بريطانيا قنبليتها الذرية الأولى، اضطرت أمريكا إلى التخلي لحلفائها الأوروبيين عن جانب من احتكارها للأبحاث الذرية، وهو جانب الاستخدامات السلمية للطاقة الذرية، لاسيما وأن أمريكا لم تكن قد حققت شيئاً في ذلك المضمار، فضلاً عن إعتباره مستقلاً عن الصناعة العسكرية، وهو في الواقع إستقلال غير ناجز.

وهكذا أسست فرنسا في ذلك العام مركزاً للأبحاث الذرية، وزوّده تدريجياً بالتجهيزات وبالباحثين. وبعد مرور أربعة أعوام على ذلك، تمّ بناء أول مفاعل ذري فرنسي للأبحاث. وفي العام التالي 1957، تم إنشاء أول محطة فرنسية لتوليد الكهرباء بالوقود الذري، بالتزامن مع أمريكا في استخدام الطاقة الذرية للأغراض السلمية.

وبعد عام واحد من ذلك التاريخ، عاد الجنرال دي غول بقوة إلى رئاسة الدولة الفرنسية، إذ نال 80 بالمائة من أصوات المقترعين على إستفتاء يضع بين يديه مقاليد الدولة، بعد فشل الحكومات الفرنسية السابقة في إخماد الثورة الجزائرية، أو مواجهة قادة الجيش الفرنسي الرافضين للمفاوضات مع جبهة التحرير الجزائرية.

كان دي غول معروفاً بتمرّده على نزعة السيطرة الأمريكية، منذ كان رئيساً للحكومة الفرنسية في المنفى إبّان الحرب. لذلك فلم يكن مستغرباً أن يسعى إلى أن تمسك فرنسا بزمام أمورها العسكرية، وذلك لا يتم إلا بتطوير قدراتها الذرية.

ذلك ما تمّ بالفعل، حيث أدّت عراقة العلوم الفيزيائية الفرنسية، مقرونة بمعرفتها بالصناعة الذرية السلمية، إلى إنتاج قنبلة ذرية أولى في مطلع عام 1960، فجرتّها في الصحراء الجزائرية.

والخبراء على يقين بأن عدّة بلدان أخرى، مثل ألمانيا واليابان، متقدّمة في العلوم الأساسية والتكنولوجيات الحديثة، لاسيما في مضمار الصناعة الذرية السلمية، قادرة تماماً على إنتاج أسلحة نووية خلال أعوام قليلة، إذا كانت لها رغبة أكيدة بذلك، وإذا لم تمنعها أمريكا من تحقيق تلك الرغبة، فهي تمسك بزمام الأمور العسكرية في تلك الدول من خلال جيش مقيم، ومعاهدات موثّقة.

استمرّت فرنسا بعد ذلك في تطوير صناعتها الذرية العسكرية، فأنّجت أول قنبلة هيدروجينية عام 1968. ثم إستكملت بناء ما تسمّيه «قوة رادعة»، لا يعرف بالضبط مدى مخزونها، إلا أن المعروف أن فرنسا تنتج سنوياً حوالي 10 أطنان من البلوتونيوم، تكفي لصنع أكثر من ألف قنبلة ذرية. وذلك لا يعني أن فرنسا قد صنعت أو أنها تصنع سنوياً مثل هذا القدر الهائل من القنابل، لاسيما وأنها تستعمل الكثير من البلوتونيوم في محطاتها الكهربائية، وتبيع بعضه لدول كاليابان، ممنوعة من إنتاج ذلك المعدن الهام في الصناعة النووية العسكرية. إلا أنه يعطي فكرة عن قدرات فرنسا في هذا المجال، رغم تأخرها حوالي 15 سنة عن أمريكا في صنع أول قنبلة.

أمّا بالنسبة للإستخدامات السلمية للطاقة الذرية، ففرنسا هي

اليوم الأولى في العالم من حيث نسبة الإنتاج المئوية، التي تبلغ فيها 78 بالمائة من مجموع إنتاجها للطاقة، وهي الثانية رتبة في العالم من حيث مقدار تلك الطاقة، إذ تنتج منها 60 ألف ميغاوات بالوقود الذري، مباشرة بعد أمريكا التي تنتج 100 ألف ميغاوات بذلك الوقود.

الحليف المشاغب، إسرائيل

أدّى فوز الجنرال «دوايت أيزنهاور» برئاسة الولايات المتحدة أواخر عام 1952 إلى تراجع في العلاقات بين بلاده وإسرائيل، التي قامت أيام سلفه «ترومان».

كانت السياسة الخارجية مختلفة بين الرئيسين. فالأول كان من الحزب الديمقراطي الذي رعى قيام إسرائيل والثاني من القيادة العسكرية. ولقد حصلت في نهاية عهد ترومان مواجهة عنيفة بينه وبين القادة العسكريين، الذين ساءهم أول الأمر أن تتسرّب الأسرار الذرية العسكرية إلى الإتحاد السوفييتي في عهده، ثم زاد على ذلك ما اعتبروه ميوعة في مواجهة الصين خلال الحرب الكورية.

وبعدما نجح الإتحاد السوفييتي في تفجير أول قنبله الذرية عام 1949، قامت حملة في أمريكا بقيادة السيناتور «جو ماك كارثي» (Joe Mc Carthy) «لتطهير الإدارة الأميركية من الشيوعيين»، ولا شك أن القيادات العسكرية والشرطة الفيدرالية الأمريكية كانت وراء تلك الحملة.

أما وكالة الاستخبارات المركزية (C.I.A.)، فكان ترومان قد أسسها خصيصاً عام 1947 ليكون زمام الأمن السياسي بيده وأيدي السياسيين عموماً، لا يتفرّد بها العسكريون فترجح كفتهم. لذلك فإنها كانت غريبة عن تلك الحملة.

ولم يكن خافياً أن الرئيس ترومان كان من أهداف تلك

الحملة، وإن لم توجه له تهمة مباشرة.

كان الحزب الشيوعي مصرّحاً في أمريكا، وكان العديد من أعضائه من مثقفي اليهود، أو العاملين منهم في السينما والمسرح. ومن بين أولئك الأعضاء من ثبت تورّطهم في نقل الأسرار الذرية إلى السوفييت، مثل الزوجين «روزنبرغ» اللذين تم تنفيذ حكم الإعدام بهما عام 1953، أيام الجنرال أيزنهاور.

ورغم أن معظم الكونغرس الأمريكي والإعلام وأوساط المثقفين والعاملين في السينما والمسرح ظلّوا على تعاطف تام مع إسرائيل، ووقفوا بقوة بمواجهة حملة «ماك كارثي»، إلا أن وجود أيزنهاور على رأس الإدارة الأمريكية، وموقف القادة العسكريين كانا كافيين لحجب الأسرار الذرية الأمريكية عن إسرائيل. وحتى الأسلحة الأمريكية التقليدية، وأهمها الطيران، أصبحت غير متاحة لإسرائيل بالتقنيات المتقدمة.

وفي مطلع عام 1956، فاز اليسار الفرنسي بالانتخابات البرلمانية، وتسلم أمين عام الحزب الاشتراكي «غي موليه» (Guy Mollet) رئاسة الحكومة، في حين كان حزب العمال الإسرائيلي في سدة الحكم، وهما حزبان تربطهما صلات وطيدة. فقامت بين فرنسا وإسرائيل علاقات قوية.

في خريف ذلك العام، قام «العدوان الثلاثي» على مصر، إثر تأميم قناة السويس، حيث قامت إسرائيل بإحتلال غزة وسيناء، وإحتلت بريطانيا وفرنسا منطقة قناة السويس، وإستمر ذلك حتى

إِضْطَرَّتْهُمَا أَمْرِيكَا وَالْإِتِّحَادُ السُّوفِيَّيْتِي لِلْإِنْسِحَابِ .
تَوَطَّدَتِ الْعِلَاقَاتُ بَيْنَ فَرَنْسَا وَإِسْرَائِيلَ ، فَقَامَتِ فَرَنْسَا بِتَزْوِيدِ
إِسْرَائِيلَ بِمِفَاعِلِ ذَرِي ، أَقَامَتَهُ تِلْكَ فِي « دِيمُونَة » بِصَحْرَاءِ النُّقْبِ ،
وَأَبْقَتِ مَكَانَهُ سَرًّا ، حَتَّى عَنْ فَرَنْسَا .

لَمْ يَكُنْ لَدَى فَرَنْسَا نَفْسُهَا فِي ذَلِكَ الْحَيْنِ سِلَاحُ نُوَوِي . بَلْ
كَانَتْ فِي طُورِ إِسْتِكْمَالِ بِنَاءِ أَوَّلِ مَحْطَةِ تِجَارِيَّةٍ لَدَيْهَا لِتَوْلِيدِ الْكَهْرِبَاءِ
بِالطَّاقَةِ الذَّرِيَّةِ . لِذَلِكَ فَإِنْ مِفَاعِلِ « دِيمُونَة » كَانَ مَصْمُومًا لِأَبْحَاثِ
الْإِسْتِخْدَامَاتِ السَّلْمِيَّةِ لِتِلْكَ الطَّاقَةِ . وَلَكِنْ الْعِلَاقَةُ كَبِيرَةٌ بَيْنَ
الصَّنَاعَتَيْنِ السَّلْمِيَّةِ وَالْعَسْكَرِيَّةِ ، وَمَنْ تَمَكَّنَ مِنْ إِحْدِيهِمَا لَا يَجِدُ
صُعُوبَةً فِي التَّمَكُّنِ مِنَ الْآخَرَى ، كَمَا حَدَثَ لِفَرَنْسَا نَفْسُهَا بَعْدَ
ذَلِكَ .

مَعَ عَوْدَةِ دِي غُولَ إِلَى رِئَاسَةِ فَرَنْسَا عَامَ 1958 ، بَدَأَ التَّحْفَظُ
الْفَرَنْسِيَّ عَلَى التَّعَاوُنِ مَعَ إِسْرَائِيلَ فِي مَجَالِ الْأَبْحَاثِ الذَّرِيَّةِ ، فَأَصْرَّ
الرَّئِيسُ الْفَرَنْسِيَّ عَلَى أَنْ تَكْشِفَ إِسْرَائِيلُ عَنِ الْمَوْقِعِ السَّرِيِّ
لِلْمِفَاعِلِ الَّذِي تَلَقَّتْهُ مِنْ فَرَنْسَا ، وَعَلَى أَنْ تَتَعَهَّدَ بِأَنْ لَا تَسْعَى إِلَى
صَنْعِ سِلَاحِ ذَرِي .

إِسْتِجَابَ « بِنِ غُورِيُون » لَطَلْبِ فَرَنْسَا ، وَحَصَلَ بِالْمُقَابِلِ عَلَى
الْمَزِيدِ مِنْ تِكْنُولُوجِيَا الْإِسْتِخْدَامَاتِ الذَّرِيَّةِ لِلْأَغْرَاضِ السَّلْمِيَّةِ .
وَلَكِنْ ذَلِكَ التَّحَسُّنُ فِي عِلَاقَاتِ التَّعَاوُنِ بَيْنَ فَرَنْسَا وَإِسْرَائِيلَ لَمْ
يَدُمِ طَوِيلًا ، إِذْ تَوَقَّفَ عَامَ 1960 ، نَتِيجَةً فَتُورِ الْعِلَاقَاتِ السِّيَاسِيَّةِ
بَيْنَ الدَّوْلَتَيْنِ .

في تلك الأثناء، كان نشاط إسرائيل في أبحاثها الذرية لم يعد خافياً، فهي قد إشترت من النرويج مثلاً، عام 1959، أطناناً من الماء الثقيل، مما يعني أنها تقوم بإنشاء مفاعل ذري كبير، يصلح للصناعة الذرية، وربما العسكرية. بينما كان حجم المفاعل الذي أتت به من فرنسا لا يتناسب مع تلك الغاية، بل مع غرض الأبحاث فقط.

وسواء كانت تلك الصفقة قد تمّت مع النرويج أو مع بريطانيا، كما قد قيل لاحقاً، فإنها قد تمّت بلا شك بموافقة أمريكية، فكلّا البلدين عضو في حلف شمال الأطلسي. ومثل تلك الموافقة غير مستغربة، حتى على إدارة الرئيس أيزنهاور، إبان تلك الفترة من الحرب الباردة، لاسيما وأن النفوذ السوفييتي كان قد توسّع في الشرق الأوسط، بعد أن تسلّم عبد الكريم قاسم الحكم في العراق، يدعمه الحزب الشيوعي العراقي، وبعدها إنضمّت سوريا ثم اليمن لمصر في وحدة ثلاثية تربطها علاقات طيبة بالاتحاد السوفييتي.

كذلك كشفت طائرات الإستطلاع الأمريكية عمل إسرائيل على بناء مثل ذلك المفاعل. فأجبر الرئيس الأمريكي إسرائيل على القبول بزيارات تفقدية للتأكد من عدم محاولتها إنتاج سلاح ذري. إلا أن أنشطة إسرائيل كانت، حتى ذلك الحين، مقتصرة على الأبحاث، ولم يكن لديها برنامج إنتاج سلاح ذري بعد، فلم تظهر تلك الزيارات شيئاً يثير حفيظة أميركا عليها.

وفي نهاية عام 1960، فاز «جون كينيدي» (John Kennedy) على «ريتشارد نيكسون» (Richard Nixon) في خلافة أيزنهاور

على رئاسة الولايات المتحدة، فعادت علاقة إسرائيل بأمريكا إلى ما كانت عليه أيام ترومان.

لم تنفتح أبواب التكنولوجيا الأميركية الذرية رسمياً أمام إسرائيل، بعكس الإلكترونيات وسواها من التكنولوجيا العسكرية، فالجيش و الشرطة الفيدرالية يعارضان ذلك. أمّا الإستخبارات المركزية « سي أي إي » (C.I.A.) التي كان الرئيس ترومان قد أسّسها كي يمسك السياسيون، وهو على رأسهم، بزمam الأمن السياسي في البلاد، بدلاً من تفرد السلطات العسكرية بها، فلقد نشطت علاقاتها بإسرائيل.

فهل تسرّبت لإسرائيل أسرار ذرية عسكرية عن طريق تلك المؤسّسة؟

ربما قد حدث شيء من ذلك، إلا أن لا شيء يؤكّد هذا الرأي. تقول الرواية الشائعة إن إسرائيل لم تُتم صنع قنبلة ذرية حتى عام 1979، حيث قامت في 22 أيلول منه في تجربتها في المحيط الهندي، بالمشاركة مع أفريقيا الجنوبية التي قد زوّدت إسرائيل بخام اليورانيوم. إلا أن معلومات كشفت حديثاً تقول غير ذلك.

الرواية الجديدة تقول بأن إسرائيل كانت قد بنت قنبلتين ذريتين عندما قامت في الخامس من حزيران عام 1967 بتدمير الطيران الحربي المصري، وأنها كانت قد جهزتهما لضرب منشآت حيوية في مصر، في حال فشل هجومها الجوي وإرتداد الحرب عليها. وذلك يعني بأنها كانت قد تمكّنت من الصناعة الذرية

العسكرية قبل عودة الحزب الجمهوري للحكم في أمريكا، برئاسة «نيكسون»، عام 1969.

فهل توصّل الإسرائيليون لبناء أسلحتهم الذرية دون مساعدة أحد، بإستثناء ما حصلوا عليه من تعاون فرنسي بالتزوّد بمفاعل للأبحاث، وحصولهم من فرنسا على معلومات تكنولوجية بخصوص الصناعة الذرية السلمية؟

ذلك يبدو مستبعداً تماماً، لاسيما وأن إسرائيل قد أنشأت ترسانتها النووية دون أن تُجري سوى تجربة واحدة معروفة، تلك التي تمّت في المحيط الهندي، بعد حرب حزيران بإثني عشر عاماً، بالتعاون مع أفريقيا الجنوبية. ذلك يعني بأنها كانت واثقة من صحّة ذلك السلاح تمام الثقة، لأنه من غير المعقول أن تنفق الأموال الطائلة، والجهود الضخمة، على صناعة غير مضمونة. وضمانة كتلك لا تصحّ إلا إذا كان وراء تصميم ذلك السلاح من كان قد عرفه وجربّه.

لا شكّ أن سياسة السلطات العسكرية الأمريكية، وحلفائها من السياسيين، كانت تتعارض منذ البداية مع تمكّن الآخرين، بمن فيهم حلفاء أمريكا، من صنع الأسلحة الذرية. أمّا سائر القادة السياسيين من أعضاء الكونغرس، فلقد كانوا متّهمين بضعف الشعور القومي، وأحياناً بالخيانة، وذلك منذ عهد الرئيس ترومان وتسربّ الأسرار الذرية إلى الإتحاد السوفييتي عن طريق أفراد معظمهم من اليهود.

ذلك لا يعني أن الجماعات السياسية الأمريكية كانت أو ما زالت منقسمة بين أصدقاء لإسرائيل وأعداء لها، وإن كان هناك تفاوت بين مواقف السياسيين كأفراد، لا كجماعات، بالنسبة لعلاقتهم بالدول الأخرى، ومن بينها إسرائيل.

إلا أن مواقف الجماعات المؤثرة والأحزاب السياسية في أمريكا تختلف بالنسبة للثقة بالآخرين، ودرجة الانفتاح على الخارج.

لذا فإن الرواية الشائعة هي أن الإسرائيليين قد حصلوا على كثير من المعلومات الذرية من أمريكا، أو من بريطانيا أو فرنسا، بواسطة عملاء لهم في تلك البلاد، إما من مصادرها العسكرية، أو من أفراد موالين لها، لاسيما من اليهود. فالكثيرون من الباحثين اليهود الذين ساهموا في تصميم القنبلة الأمريكية الأولى كانوا لا يزالون قيد الحياة، ناشطين في مجالات العلوم، مثل «ثيودور هول» الذي سرّب أسراراً هامة حول القنبلة الذرية الأمريكية الأولى إلى السوفييت.

إلا أن ذلك الاعتقاد لا يركز على معلومات موثوقة، وإنما هي تكهّنات تقوم أساساً على أسطورة «الموساد» الخارق القدرة، وعلى الاعتقاد الخاطيء بأن جميع اليهود يدينون بالولاء لإسرائيل. والحقيقة أن الإستخبارات الغربية، لاسيما في الأمبرطوريات السابقة مثل بريطانيا وفرنسا، ومن خلفها الحلف الأطلسي، أشد حنكة من أن يخترقها الموساد بتلك الدرجة، دون أن تتنبّه لذلك. والحقيقة أيضاً أن أسطورة قدرة «الموساد» الخارقة قائمة أساساً

على تزويد الإستخبارات الغربية إياه بالمعلومات، دعماً لإسرائيل وتحالفاً معها، وتخفياً وراءها في بعض الأحيان.

يتبين من المعلومات التي تسربت حديثاً بأن الدعم الأكبر لصنع القنبلة الذرية الإسرائيلية جاء من بريطانيا، وأن ذلك قد تم بإيعاز من السياسيين الأمريكيين، خفية عن قادتهم العسكريين.

ومثل ذلك التصرف من جانب كثير من القادة الأمريكيين ليس بمستغرب. ولقد شهدناه مؤخراً في أمثلة أقل خطورة، حيث كانت بعض الشركات الأوروبية تزود بلداناً من العالم الثالث بمواد عسكرية، بلغت أحياناً حدّ الأسلحة الكيميائية. وليس سرّاً أن تلك الشركات لا تجرؤ، ولا يحقّ لها بحكم قوانين بلادها، بأن تعقد صفقات كهذه دون إستئذان الأمن السياسي في بلادها، ومن ورائه الحلف الأطلسي. فلا شك أن مثل ذلك قد تم بموافقة المسؤولين السياسيين، وعلى رأسهم الأمريكيون.

ذلك التصرف يتناسب مع إخفاء الموضوع عن القادة العسكريين الأمريكيين الذين قد يعارضون بيع مواد تدخل في الأسرار العسكرية، وكذلك فإنه يسمح للسياسيين بأن يدّعوا أن الصفقة قد تمت من وراء ظهورهم، إذا كانت لهم مصلحة في إنكار دورهم في إتمامها.

ولا شك أن دعم أمريكا للصناعة العسكرية الإسرائيلية، بالتكنولوجيا وبالمواد، لاسيّما عن طريق بريطانيا وأفريقيا الجنوبية أيام الحكم العنصري فيها، قد بدأ في عهد الرئيسين «كندي»

و«جونسون»، ثم إشتدَّ أيام الرئيس «جيمي كارتر»، حتى بلغ مخزون إسرائيل بما يقدر، حسب أرجح المصادر، بحوالى مائتي قنبلة ذرية. فيما تتراوح التقديرات الأخرى ما بين 100 و 500 قنبلة. وبعدها تم إستكمال الترسانة الذرية الإسرائيلية، «رضيت» الإدارة الأمريكية «بالأمر الواقع»، حسب زعمها أمام من قد يعترض على إمتلاك إسرائيل للسلاح الذري، وعقدت «حلفاً إستراتيجياً» مع إسرائيل، أيام رئاسة «ريغان»، تلزمها من خلاله بعدم التفرد بإتخاذ مبادرة في إستعمال ذلك السلاح، دون موافقة أمريكا.

أنصاف الحلفاء

إشتدَّ السباق على التسلّح طيلة الخمسينات، حتى بلغ مخزون الأسلحة الذرية في كل من أمريكا و الإتحاد السوفييتي أرقاماً هائلة. وحدثت مواجهات خطيرة كادت تؤدي لحرب نووية، عندما أقامت أمريكا منظومة صواريخ حاملة للرؤوس النووية في تركيا، المحاذية للإتحاد السوفييتي، وردّ ذلك عليها بإقامة مثيلاً لها في كوبا القريبة من الولايات المتحدة.

ساد الشعور بين الدول الأخرى بأن الأسلحة التقليدية الأخرى لم تعد كافية للدفاع عن نفسها إذا اندلعت حرب واسعة، أو حتى على مواجهة الضغوط السياسية التي قد تمارس عليها بين الحين والآخر، سواء من قبل أعدائها أو أصدقائها. وذلك ما أدّى إلى سعي عدة دول صناعية، من حلفاء الدولتين العظميين أو من الدول المحايدة، مثل السويد، إلى السعي وراء إنشاء صناعة ذرية، تبدأ مدنية وقد تنتهي عسكرية.

وعندما نجحت الدول الثلاثة الأخرى الأعضاء الدائمين في مجلس الأمن، أي بريطانيا والصين وفرنسا، في صنع قنابل نووية، تنبّه كل من أمريكا والإتحاد السوفييتي إلى خطر إنتشار مثل تلك الأسلحة بين الدول الأخرى، فتحرّكت الدولتان لمنع حصول ذلك، قبل أن يُفقد الأمر من أيديهما.

بدأ ذلك التحرك باتفاق بين الرئيس الأمريكي «نيكسون»، والسوفييتي «بريجنيف» على إنشاء «ناد» حصري للبلدان الخمس

المصنعة للأسلحة النووية، ومنع الدول الأخرى من ذلك. وهكذا، تم توقيع معاهدة «عدم إنتشار الأسلحة الذرية» عام 1968، إثر إكتمال عقد الصناعة النووية للدول الخمسة بتفجير آخر دولة بينها، وهي فرنسا، لقبيلتها الهيدروجينية الأولى، في صيف ذلك العام.



الصواريخ السوفياتية في كوبا عام 1962
كما بدت لطائرة التجسس الأمريكية

وتوثيقاً لالتزام الدول الأخرى، وللتأكد من مراعاة ذلك الالتزام، وُضعت تلك الإتفاقية تحت مظلة الأمم المتحدة، وتم تأسيس «الوكالة الدولية للطاقة الذرية»، للتفتيش عن المخالفات وتقديم التقارير بشأنها إلى مجلس الأمن الدولي.

إلى جانب ذلك، بدأ الحديث بين الرئيسين، نيكسون وبريجنيف، للحد من السباق على التسلح، وبالتالي التخفيف من الأعباء الاقتصادية الناجمة عنها، وهي المحادثات المعروفة بإسم «سالت» SALT. وتمت المصادقة على المعاهدة الناجمة عنها عام 1972، فكانت دافعاً للتشديد على عدم إنتشار الأسلحة الذرية لدى الدول الأخرى.

وأضاف نيكسون إلى هاتين الخطوتين خطوة ثالثة، هي المصالحة مع جمهورية الصين الشعبية، وإقامة علاقة دبلوماسية معها، فأضاف بذلك لبنة جديدة لتمسك الدول الخمس الدائمة العضوية في مجلس الأمن بإحتكار الأسلحة الذرية.

ولقد نجحت تلك السياسة إلى حد كبير، فوقع حلفاء الفريقين ومعظم الدول الأخرى على معاهدة الحد من إنتشار الأسلحة الذرية، وتخلت دول مثل كندا وأستراليا و البرازيل والأرجنتين والسويد عن برامجها للتسلح بالقنابل النووية، بعد أن كانت قد قطعت أشواطاً فيها، وإن كان بعض هؤلاء قد تردد أعواماً قليلة قبل توقيع المعاهدة.

ولقد ساعد على نجاح عدم إنتشار الأسلحة النووية، خارج

الدول الخمس الكبرى، أنه كان للوكالة الدولية المذكورة حق التفتيش والإستقصاء، بحكم المعاهدة، ومن ورائها وسائل التجسس المختلفة للدول النووية الخمس، تمدّها طوعاً بالمعلومات، فلم تكن تخفى عليها خافية.

نتج عن ذلك أن تطوّرت الصناعة الذرية للأغراض السلمية تتطوّراً باهراً في بعض البلدان الصناعية العريقة، مثل ألمانيا وكندا، لأن تقيّد تلك البلدان (الطوعي أو القسري) بعدم إنتاج السلاح الذري قطع كل شكّ بنواياها وفتح الباب واسعاً أمامها كي تصدر مفاعلاتها وما يتبعها من وقود ذري وماء ثقيل.

أمّا الدول المصنّعة للأسلحة الذرية، فإن صناعيتها المدنية والعسكرية متشابكتان، لذلك كانت هنالك محاذير من تصدير منتجاتها الذرية المدنية للخارج، بعكس كندا وألمانيا. بل إن كثيراً ما كانت السلطات العسكرية في البلدان النووية الخمسة تعارض تصدير التكنولوجيا الذرية، حتى السلمية منها، لاسيما في أمريكا، حفاظاً على أسرار متّصلة بالصناعة الحربية.

لم يمتنع عن توقيع المعاهدة، ممن لهم حساب في السياسة الدولية أو الإقليمية، سوى إسرائيل والهند وباكستان.

والهند خصم إستراتيجي للصين، فهي الدولة الثانية في العالم بعد الصين من حيث عدد السكان، ولها مع دول الجوار المشترك علاقات ومصالح وعداوات، كما أن بينها وبين الصين منازعات، أشهرها ما كان من وضع الصين يدها على هضبة «التيب» التي

كان يمكن أن تشكل حجاباً محايداً بين الدولتين، وربما أن تكون حليفة للهند.

كذلك قد وقعت حرب قصيرة بين الدولتين، عام 1962، احتلت الصين فيها 120 ألف كيلومتراً مربعاً من أرض كانت تابعة للهند، ملحقة بجيش تلك الدولة هزيمة منخزية. وكان ذلك قد تمّ ضدّ إرادة الإتحاد السوفييتي، فإنتهز ذاك الفرصة للتقرّب من الهند، وأدّى تدخله إلى إنسحاب الصين من نصف المساحة المحتلة واحتفاظها بالباقي.

كيف واجهت الدول الخمس رفض الدول الثلاث المذكورة لتوقيع معاهدة عدم إنتشار الأسلحة الذرية؟

إعتبرت إسرائيل بمثابة إمتداد للولايات المتّحدة، أو أنها تحت ضمانتها أو وصايتها العسكرية، لاسيّما بعد توقيعها مع أمريكا معاهدة «التحالف الإستراتيجي» عام 1982، أيام الرئيس الأمريكي «رونالد ريغان». لذلك تمّ السكوت عنها من قِبَل الدول الأربع الأخرى، توافقاً مع أمريكا.

أمّا بالنسبة للهند وباكستان، وكذلك بالنسبة لبعض الدول الأخرى التي حاولت تصنيع أسلحة ذرية رغم توقيعها على المعاهدة، فلقد كان التعامل معها شديد التعقيد، وفيه قدر هائل من المراوغة من قِبَل الدول النووية الخمس، وبالتالي من قِبَل مجلس الأمن الدولي الذي تتمتع فيه جميعها بحق النقض (الفيتو).

ذكرنا كيف أن إسرائيل قد تلقت دعماً لقدراتها الذرية من

بريطانيا، لا شك بموافقة الإدارة الأمريكية، وربما بإيعاز منها. ولقد حدث ما يشبه ذلك بالنسبة لبعض البلدان الأخرى، بدرجات متفاوتة، لاسيما للهند وباكستان، إنما جرى ذلك بسرية أكبر ومراوغة أشد.

بدأت الهند تتلقّى «تعاونها» الذري مع كندا في «المجال السلمي» عام 1960، قبل معاهدة عدم إنتشار الأسلحة الذرية، فاشتريت منها مفاعلاً يعمل بالماء الثقيل، كما إستوردت من أمريكا نفسها بعض المواد اللازمة لتشغيل المفاعل. وبذلك كانت أمريكا لا شك مطلّعة على تطوّر التكنولوجيا الهندية في هذا المجال.

وليس خافياً ما بين الصناعتين الذريتين، المدنية والعسكرية، من ترابط وثيق، فمن تمكّن من إحداهما سهّل عليه التمكن من الأخرى، لأن المبدأ العلمي للصناعتين واحد، والإختلاف ينحصر في مقدار تسريع التفاعلات الذرية، لا في التسريع نفسه.

عملية تخصيب اليورانيوم مثلاً قاسم مشترك في هاتين الصناعتين. والفرق بين الصناعتين ينحصر في درجة ذلك التخصيب، إذ لا يتم صنع قنبلة اليورانيوم إلا بتخصيب عالي الدرجة، بينما تكتفي المولّدات الذرية بنسبة متواضعة من التخصيب. ولكن، إذا تمكّن أحدهم من تخصيب اليورانيوم بدرجة متواضعة فإنه يستطيع المثابرة على عملية التخصيب مدّة أطول، فيبلغ بها درجة أعلى.

قد تكون تلك الوسيلة غير فعّالة لصنع العديد من القنابل، إلا

أنها لا شك خطوة حاسمة في التمكن من الصناعة الذرية الحربية. كذلك فإن توليد البلوتونيوم يتم تلقائياً في المفاعلات الذرية، على شكل بعض المخلفات، شاء صاحبها أم أبى. صحيح أن مخلفات المفاعلات غير المصممة خصيصاً لتوليد البلوتونيوم لا تحتوي إلا على كميات ضئيلة من ذلك المعدن، كما أن عملية إستخراجه من تلك المخلفات بطيئة ومكلفة ومتطلّبة بالنسبة لإحتياجات سلامة العاملين، إلا أنها لا تحتاج لتكنولوجيا عالية التعقيد.

بذلك يمكن لصاحب المفاعل الذري المدني أن يستخرج من البلوتونيوم ما يكفي لصنع عدد محدود من القنابل الذرية، فيكون قد خطا خطوة حاسمة في التمكن من صنعها. أمّا إذا أراد صنع أعداد كبيرة من ذلك السلاح، بتكلفة أقلّ إرتفاعاً وبسرعة أكبر، فإن عليه أن يُنشئ مفاعلاً خاصاً، من النوع العسكري، لتوليد البلوتونيوم.

توالى دعم أمريكا للمشروع الذري الهندي خلال تلك الأعوام، إمّا مباشرة أو عن طريق كندا. ففي عام 1963 تعاقدت الهند مع شركة «جنرال الكتريك» الأمريكية لتزويدها بمفاعل ذري «سلمي» يعمل بالماء العادي، أي أنه أصلح لتوليد البلوتونيوم من المفاعل الاول الذي إستوردته من كندا. ومن ناحية أخرى، وازابت أمريكا على توفير اليورانيوم المخصّب للهند، لإستعماله في المفاعل الاول.

وفي سنة 1965، باعت أمريكا للهند مفاعلاً لإجراء الأبحاث الذرية الصالحة للسلم والحرب معاً، إلا أنه مفاعل صغير، لا تزيد قدرته عن 5 ميغاوات، فهو لا ينتج قدرًا كافيًا من البلوتونيوم. ولكن فرنسا قامت بتعديلات على ذلك المفاعل، فرفعت قدرته حتى 810 ميغاوات، على أساس أنه للإستعمال المدني، وتلك قدرة مناسبة لمفاعل ذري يولّد الكهرباء. ولكن، أصبح المفاعل بذلك ينتج كميات ملحوظة من البلوتونيوم، فهو يعمل بالماء العادي، أي بالتقنية المناسبة لذلك للإنتاج العسكري!

فهل قامت فرنسا بتلك الخطوة سرّاً عن أمريكا، أم بعلمها، وربما بتشجيع منها؟

بذلك تكون أمريكا لم تفعل سوى أن قد باعت للهند مفاعلاً غير قادر على إنتاج كمية من البلوتونيوم كافية لصنع قنبلة ذرية. وتكون فرنسا لم تفعل سوى أن وسّعت مفاعلاً موجوداً من حجم لا يكفي سوى للأبحاث، إلى حجم يكفي لإنتاج الكهرباء بنسبة المفاعلات المدنية العادية.

أما بالعملين معاً فإن ذلك المفاعل يصلح لتوليد كمية من البلوتونيوم كافية لصنع بعض القنابل الذرية خلال بضع سنين! وبالفعل، قامت الهند بصنع قنبلة ذرية عام 1974، وفجّرتها تحت الأرض، ورصدت ذلك الدول العظمى.

ولا شك أن الصين قد غضبت يومئذٍ غضباً شديداً. وبفضل التدخّلات الدبلوماسية، حُسم الأمر بأن أعلنت الهند أن ذلك

كان تفجيراً «سلمياً»! وأنها ستقف عند حدوده ولا تكررّه. وبذلك وصلت الرسالة الأمريكية للصين، فتناقصت مطالباتها بضم تايوان إليها.

وقد يتساءل المرء لماذا قد سمحت أمريكا للهند في ذلك الحين بتطوير صناعاتها الذرية المدنية، ومن ورائها لا شك توأمها العسكري، بل ربّما قد شجعتها على ذلك، وأوعزت لكندا، وربما لفرنسا، بالتعاون معها في ذلك المجال؟

يبدو أن السبب في ذلك كان بروز الصين في تلك الأيام كقوة كبرى في الشرق الأقصى، وذلك يتعارض مع نفوذ أمريكا هناك، فهي حامية اليابان وماليزيا والفلبين وكوريا الجنوبية ومعظم بلدان المنطقة. وأكثر من ذلك، فإنها كانت في تلك الأيام في مواجهة عسكرية غير مباشرة مع الصين، من خلال الحرب الفيتنامية التي استمرّت حتى عام 1973، أي قبل تفجير الهند لقنبلتها الذرية بعام واحد.

تابعت الهند بعد ذلك أنشطتها الصناعية الذرية السلمية علناً، لاسيما بالتعاون مع كندا، ولا شك أنها قد تابعت بعض صناعاتها العسكرية سرّاً.

لكن للهند خصم آخر في المنطقة، إلى الغرب منها هذه المرّة، وهي باكستان. فماذا كان موقف باكستان من قدرة الهند النووية، وما كان موقف الدول العظمى أمام باكستان، علماً بأن أمريكا لا تستغني عن علاقاتها الوثيقة بتلك الدولة، لاسيما لما لها من أهمية

بالنسبة للبلدان القريبة منها، مثل أفغانستان وما إلى الغرب منها في الشرق الأوسط؟

بطبيعة الحال لم تكن باكستان راضية عن هذا الوضع. إلا أن أمريكا لم تكن تريد أن تنتشر الأسلحة الذرية أبعد من الهند. بل كانت قد تصالحت مع الصين على أن لا تتجاوز الهند الحد الذي بلغته من قدرتها الذرية العسكرية. لذلك لجأت إلى أقصى حد من المراوغة.

بدأ ذلك عام 1972، حينما حصلت باكستان من كندا على مفاعل يعمل بالماء الثقيل، وهو أقل تناسباً من سواء مع الصناعة الحربية.

ولكن، من أين لباكستان أن تحصل على مفاعل أفضل للصناعة الحربية، وهي لم توقع على معاهدة عدم إنتشار الأسلحة الذرية؟

من الصين طبعاً!

أليس أن السماح للهند بامتلاك القنبلة الذرية قد تمّ أساساً لمواجهة الصين، وان باكستان هي الخصم الآخر للهند؟

حصلت باكستان من الصين على مفاعلين ذريين أنسب من المفاعل الكندي للصناعة الذرية. وحصلت من بريطانيا على آلات حديثة لتخصيب اليورانيوم، تعمل بالطرد المركزي، وذلك عام 1976، وذلك لا شك بموافقة أمريكية.

وبعد ثلاث سنوات من ذلك التاريخ، عام 1979، نجحت

باكستان في تخصيص اليورانيوم بنفسها. وعندما بلغت ذلك الحد من التمكن من الصناعة الذرية، أمرتها أمريكا بالتوقف عنده ، وقطعت عنها المساعدة السنوية تأكيداً لذلك الأمر.

أوقفت باكستان برامجها الذرية العسكرية بعد تردد، وتمّ إستئناف المساعدات الأمريكية إليها عام 1984.

إستمرت اللعبة بعد ذلك في الخفاء بين الهند وباكستان، ولكن بوتيرة منخفضة. ففي عام 1986 مثلاً، أعلن الكونغرس الأمريكي أن باكستان قد أصبحت تنتج اليورانيوم بالخصوبة الصالحة لصنع القنابل الذرية، ولكنه لم يقطع المساعدات عنها. والهند كانت لا شك قد حققت تقدماً أكبر من باكستان في هذا المضمار. كذلك فإن الدول النووية الخمس كانت لا شك مطلّعة على ذلك بدقّة، ولا تحاول منعه بالقوّة، بل تكتفي بتحديد سقف له.

كانت اللعبة شديدة التعقيد، فالكثير منها يرمي إلى توازن القوى العسكرية في الشرق الأقصى، وبعضها يتعلّق بحرب أفغانستان، والقليل منها إقتصادي، تتمّ بموجبه الصفقات التجارية. لذلك فعندما قامت الهند بخمسة تفجيرات نووية، في ربيع عام 1998، وتلتها باكستان بمثلها، وقيل بستة تفجيرات، بعد ذلك بأسبوعين، لم يفاجئ ذلك أية من الدول الكبرى، التي لم تكن مطلّعة على تفاصيل اللعبة فحسب، بل قد ساهمت فيها.

الدول الخارجة عن قانون اللعبة

كانت الهند وباكستان ضمن اللعبة الدولية الكبرى. فهما تقعان بجوار الصين، وخطرهما ينحصر بينهما ومع تلك الدولة الكبرى. كذلك فإنهما لا تملكان قدرات تسمح لهما بتهديد مصالح أوسع في العالم، وهما بحاجة دائمة إلى علاقات طيبة مع الدول العظمى.

أما بالنسبة لدول أخرى، فإن المسألة كانت مختلفة. وتلك الدول هي إيران بالدرجة الأولى، وكوريا الشمالية بالدرجة الثانية، وليبيا بالدرجة الثالثة. وفي زمن ليس ببعيد كان العراق أيضاً من ضمن تلك الدول.

فإيران تقع على الخليج الذي يحتوي على أكثر من نصف مخزون العالم من النفط. ولها مقومات إقتصادية تجعلها تتحمل الضغوط الدولية عليها.

و بين كوريا واليابان عداوة تاريخية، وهي تقع على مقربة من ذلك العملاق الإقتصادي، الذي يحرّم عليه دستوره الحرب بشكل عام، والسلاح الذري بشكل خاص. كما أن لدى كوريا الشمالية صناعة متطورة للصواريخ، تتكامل مع صناعة الأسلحة الذرية وترفع من خطورتها.

ولكن يبدو أن الصين تمسك بزام كوريا الشمالية وتمنعها من الصناعة النووية العسكرية، خوفاً من جموح تلك الدولة وجر العالم إلى حرب نووية، لاسيما بسبب فشلها في منافسة توأمها

الجنوبي في الصناعة والإقتصاد. والدول الكبرى الأخرى لا مصلحة لها مع تلك الدولة الخارجة عن قوانين اللعبة السياسية في العالم، فلا تتعاون معها إلا بالحد الضروري لتهدئة جموحها.

أما ليبيا فأهميتها تقوم على تحالفاتها المتعددة والمتجددة على الدوام، وطموحاتها بلعب دور واسع في السياسة الإقليمية.

كانت لعبة الدول الكبرى مع هذه الدول شبيهة في تعقيدها مع ما كان مع الهند وباكستان. إلا أنها تختلف عنها في كونها ليست ضغطاً عسكرياً على إحدى الدول النووية الخمس، كما كانت الحال بالنسبة للهند والصين. وإنما هي لعبة تحاول كل من الدول الخمس الاستفادة من خلالها من رغبة تلك الدول الأخرى بالتمكّن من التكنولوجيا النووية، دون أن تتيح لها فعلاً أن تمتلك سلاحاً نووياً، وذلك كي تكسب نفوذاً أكبر فيها، أو أن تمارس سلطة عليها، أو أن تطلع على برامج تسلّحها على الأقل.

وهكذا كانت الدول الكبرى تمدّ الدول الطامحة إلى القدرة الحربية الذرية ببعض العون التكنولوجي، إلا أنها كانت تحاول في الخفاء أن تمنعها من بلوغ ذلك الهدف.

ومن ثوابت اللعبة ألا يجري الكلام إلا عن الإستخدام السلمي للطاقة الذرية، دون الحربي، مع التيقّن بأن الصناعة المدنية تقود في نهاية الأمر إلى الصناعة العسكرية، إذا كانت هنالك رغبة في ذلك.

وهكذا سمحت أمريكا لفرنسا، عام 1979، بتزويد العراق

باليورانيوم المخصَّب، ثم تم تدمير الشحنة من قِبَل «بعضهم»، قبل تحميلها على الباخرة في المرفأ الفرنسي. وكان «بعضهم» هذا، بتقدير المحلِّلين العسكريين الغربيين، هو «الموساد» الإسرائيلي، وإن لم توجَّه التهمة إليه صراحة.

إلا أن ذلك يدعو للإستغراب الشديد. فكيف يمكن لبلد بحجم إسرائيل أن يخترق، بمثل تلك الفعّالية، قوى الأمن العسكري لدولة كبرى، ومن خلفها قوى أمن حلف شمال الأطلسي، دون أن ينكشف؟

أليس من الأرجح أن عملاء ذلك الحلف بالذات، وربما الفرنسيون منهم، هم الذين قاموا بتلك العملية؟

وهناك أمثلة كثيرة أخرى كهذه. منها مفاعل ذري زوّدت فرنسا به العراق، ودمّره الطيران الأمريكي إبّان حرب الخليج.

ومنها مفاعل «تمّوز» العراقي، الذي دمّره الطيران الإسرائيلي.

فهل كانت فرنسا قد زوّدت العراق بالمفاعلات الذرية رغم

إرادة أمريكا أم بموافقتها؟ وهل دمّره الطيران الإسرائيلي خفية عن

أمريكا أم بتكليف منها، وبتزويدها بالصور الملتقطة للموقع من أقمار

التجسس الإصطناعية، وبمساعدة رادارات طائرات «أواكس» في

القواعد الجوية الأمريكية المجاورة للعراق؟

وهناك «الصواعق» البريطانية، التي تدخل في صناعة القنبلة

الذرية. هل تمّ بيعها للعراق دون علم سلطات أمن الحلف

الأطلسي؟ علماً بأن كل ما يدخل في صناعة حربية، حتى القليل

الأهمية منها، لا يجوز تصديره خارج بلدان الحلف دون موافقة المسؤولين في أمنه المركزي.

وعندما حصلت ليبيا عام 1979 على مفاعل ذري سوفيتي لغرض الأبحاث، هل تمّ ذلك دون ضوء أخضر من قبل أمريكا؟ أم قد تمّ بمعرفتها، ثم دمّرت في غارات قامت بها على ليبيا بعد ذلك؟ الأسئلة كثيرة ومعقدة. والأرجح أن الدول النووية الخمس تنسّق فيما بينها. ومن ثوابت ذلك التنسيق أن لا تزود إحداها دولة أخرى بتكنولوجيا نووية إلا مع إعلام الأخريات بذلك، بل وبتزويدها بالتفاصيل، كي تقوم بما تراه مناسباً، على مسؤوليتها، ولا تلام على ما تفعله لتخريب تلك الصفقة.

أما بالنسبة لإيران، التي أصبحت محور السياسة الذرية في العالم إثر سقوط نظام صدام حسين في العراق، فبالإمكان إيجاز اللعبة السياسية كما يلي:

بدأت طموحات إيران الذرية قبل قيام الثورة، أيام حكم الشاه. فكانت قد تعاقدت عام 1975 مع كل من فرنسا وألمانيا، بعلم الدول الكبرى طبعاً، على أربعة مفاعلات ذرية للإستخدامات «السلامية». ولا شك أن لو طال حكم الشاه أكثر مما كان لما توقّفت إيران عند إنتاج الطاقة الكهربائية، بل ربما قد سعت لبناء صناعة حربية ذرية بعد ذلك، لاسيّما وأن أمريكا كانت تعتبر إيران في تلك الأيام من أقرب حلفائها إليها.

وعندما قامت الثورة في إيران، إمتنعت فرنسا وألمانيا من تنفيذ

الصفقة، رغم طابعها السلمي، ورغم أن إيران موقعة على معاهدة عدم إنتشار الأسلحة الذرية، ولا تمنع المفتشين الدوليين من التحقق من ذلك.

وبعد إنهيار الإتحاد السوفيتي، وإرتفاع أهمية إيران السياسية في تلك المنطقة المتوسّطة بين خليج النفط العربي وأواسط آسيا، تمّت صفقة محدودة بين إيران وفرنسا، في مجال الصناعة السلمية طبعاً. ولم تكن لتلك الصفقة أن تلبّي أية من طموحات إيران، حتى إذا لم تتجاوز الصناعة السلمية، بل كانت بمثابة فتح خط على سياسة تعاون ما بينها وبين الغرب، في الوقت الذي لا تعترف أمريكا بحكومة الثورة الإيرانية.

والأرجح أن إيران لا تسعى فعلاً لإنتاج السلاح النووي، فهو عبء مادي ثقل، وفائدته العسكرية العملية محدودة، ما لم يكن مخزونه ضخماً، ولا يناسب سوى الدول الكبرى أو المدعومة كلياً من جانب تلك الدول، مثل إسرائيل.

وإن أقصى ما تتمناه دولة في مثل وضع إيران هو أن تزول الأسلحة النووية من حولها، ومن العالم أجمع إذا أمكن، وبذلك تعظم أهميتها الإستراتيجية الإقليمية، لما لها من وزن إقتصادي وبشري وقدرات حربية تقليدية.

لكن إيران تسعى ولا شك لأن يُخشى تمكّنها من صنع سلاح ذري، أي أن تملك الوسائل المادية والقدرات البشرية لتحقيق ذلك، دون أن تقوم به بالضرورة. فتلك «الإمكانية» وحدها سلاح

بحد ذاته، يُحسب له ألف حساب، ويجعل منها قوة إقليمية لا يمكن تجاهلها.

إلا أن ذلك لا يتم بمجرد الحصول على الأسرار الذرية، ولكنه يقتضي أن تتوفر لديها صناعة ذرية مدنية قويّة، تملك زمامها بنفسها. فلا تحتاج لإستيراد مواد أولية أو مصنّعة جزئياً، مثل اليورانيوم المخصّب.

ولما كانت البلدان الأخرى، كفرنسا أو ألمانيا، غير مستعدّة للتعاون مع إيران حتى تلك الدرجة، أو أنه غير مسموح لها بذلك، توجّهت نحو روسيا والصين، وحصلت منهما على معظم المعدات المطلوبة. وعندما وصل الأمر إلى مسألة تخصيب اليورانيوم، الذي يطلق يدي إيران كما تشاء من القيود الخارجية، وجعلها قادرة على صنع الأسلحة النووية، بدأت لعبة جديدة بين أمريكا وروسيا والصين، وإيران بينها.

تقوم اللعبة على أن تحاول أمريكا أن تمنع إيران من التمكن من إستقلالها بصناعتها الذرية، مهما تعهّدت بإحترام قيود الوكالة الدولية للطاقة الذرية، وتحاول روسيا أن تجعل زمام الأمر، أي تخصيب اليورانيوم، في يديها، تبتزّ به أمريكا أو إيران كما تشاء، وعندما تشاء. والصين تدافع عن إيران، لما لها من علاقات تجارية واسعة معها ولأنها منفذها الوحيد إلى نفط الشرق الأوسط، ولكن دفاعها عنها لا يصل لحدّ المواجهة مع الدول الكبرى الأخرى.

أمّا إيران، فإنها تحاول كسب الوقت ما أمكن، لأنها لم تتمكن

من التكنولوجيا الذرية بما فيه الكفاية، وتراهن على إضطرار أمريكا للحدّ من مواجهتها. بينما تحاول أمريكا خفض التعاون النووي الصيني والروسي مع إيران، بانتظار التطوّرات السياسية في المنطقة، وربما تغيير النظام السياسي الإيراني، وذلك أمر يبدو مستبعداً على المدى المنظور، مهما بذلت أمريكا وحلفاؤها من جهد في سبيله.

الأسرار المباحة

القنبلة الذرية التقليدية

رأينا كيف أنّ للقنبلة الذرية التقليدية تصميمان. التصميم المدفعي البسيط، وهو لا يتلاءم إلا مع إستعمال اليورانيوم العالي التخصيب، وتصميم الانفجار الانقباضي، الأكثر تعقيداً، إلا أنه أكثر جدوى وأقلّ تكلفة، لاسيما بإستعمال البلوتونيوم، وبصنع أعداد كبيرة من القنابل.

واللافت للانتباه أن تلك التصميمات أصبحت مباحة للجميع، منشورة في الكتب وعلى مواقع «الانترنت»، فلا يبدو أن هنالك ممانعة جدّية من قِبَل الدول المحتكرة لصناعة الأسلحة الذرية في تعميمها!

أفلا يخشى هؤلاء من أن يستفيد «الإرهابيون»، كما يُقال، من تلك الإباحة؟ علماً بأن بعض المحلّلين قالوا إن بإمكان من يسعى مجتهداً وراء ذلك أن يشتري المواد اللازمة من الأسواق السوداء، لاسيما في روسيا، ثم أن يصنع قنبلة ذرية «بدائية» في مطبخ منزله! وقيل كذلك أن تصغير القنبلة أصبح ممكناً لدرجة أنه يمكن

وضعها في حقيبة سفر، ثم تهريبها إلى البلد المستهدف، بدلاً من إطلاقها بالصواريخ العابرة للقارات!

فلأي حدّ يصحّ هذا الكلام؟

لا شكّ بأن الوصف العلمي لتصاميم القنابل النووية، بأنواعها، صحيح بإجماليّه. أما بالنسبة للتفاصيل الدقيقة والمقادير المعلنة، فهناك شكّ كبير بصحتها.

بل هنالك اعتقاد بأن نشر تلك التصاميم كان خدعة متعمّدة، خلط فيها معمّموها الحقائق بالمغالطات المموّهة، وأن الجهات المحتكرة للصناعة الذرية الحربية كانت وراء كل ذلك!

ولكن، لماذا لجأت تلك الجهات إلى مثل تلك الحيلة. ألم يكن أجدى لها وأسهل عليها أن تستمر في حجب أسرارها، وأن تتوعّد كل من يجرؤ على إختراق تلك الأسرار أو تعميمها بأقسى العقاب؟ ثم هل تعجز مثل تلك الجهات عن منع نشر مثل تلك الأسرار، وهل أفلت زمام الانترنت من يدها إلى هذا الحد؟

الجواب على ذلك أن التصاميم المنشورة لا تحتوي في الواقع على أي سرّ بالمعنى الصحيح، وأن كل ما يبدو أنه سر فيها مشكوك بصحته، وأنه على الأغلب خداع متعمّد.

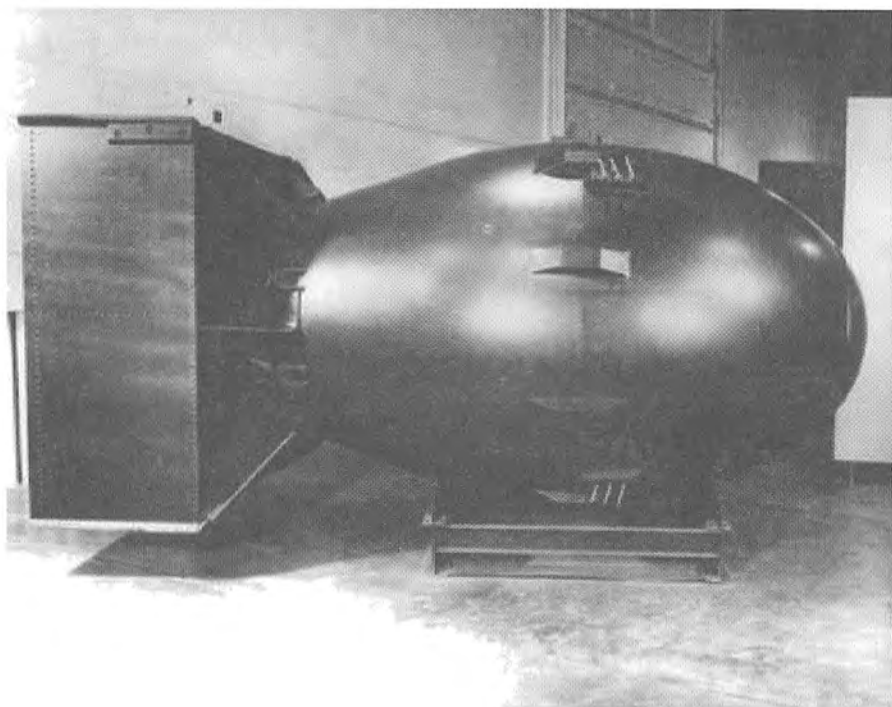
ذلك أن الأساس العلمي الذي تقوم عليه الصناعة الذرية، سواء كانت سلمية أو حربية، ليس سرّاً. فالكثير منه كان معروفاً في مختلف الأوساط العلمية العالمية قبل البدء بصنع القنبلة الأولى، وما تبقى منه أصبح معلوماً من خلال الصناعة السلمية المكشوفة،

والتي تدرّس أصولها في الكليات والمعاهد في مختلف البلدان.

أمّا التفاصيل الهندسية والصناعية المذكورة في «التصاميم» المنشورة، والمتعلّقة بالأسرار الحقيقية التي تسعى الدول النووية لإخفائها، فهي إمّا مغلوبة، أو مشكوك في دقتها. وذلك لا يمكن تبينه بالتحليل العلمي والمنطقي، بل يظهر بالتجربة والخبرة.

ولو لم يكن الأمر كذلك لما احتاجت الدول المصنّعة للأسلحة الذرية إلى تجربتها مرّات ومرّات، وليس في كل مرّة تنجح التجربة، ولكن ذلك يظل ضمن الأسرار التي لا تداع.

وهكذا فإنّ إباحة «الأسرار»، الذرية ونشرها هي في الواقع نشر للمعارف العلمية العامّة التي تتركز عليها، وهي معروفة سلفاً من قبل الفيزيائيين في جميع البلدان. أمّا بالنسبة للأسرار الصناعية الحقيقية فهي في الأغلب خداع.



مجسم تشبيهي للقنبلة الذرية التجريبية الأولى

القنبلة الهيدروجينية

ذلك نوع مختلف من القنابل، لا يعتمد على إنشطارات الذرات الثقيلة، كل منها إلى ذرتين، وإنما يعتمد على عكس ذلك تماماً، أي على إنصهار الذرات الأقل ثقلاً، وتحول كل ذرتين منها إلى ذرة واحدة.

فلقد تبين أن أكثر الذرات إستقراراً على حالها هي الذرات المتوسطة الحجم. أما الأخريات فهي عرضة للتحويل إذا توفرت لها الشروط المحفزة المناسبة، فالذرات الكبيرة عندئذ تنشط، والصغيرة تنصهر.

ولقد رأينا أن الشرط المحفز لإنشطار أثقل الذرات هو إندساس جزيء النيوترون (الثانوي) في جوف نواتها. أما بالنسبة لإنصهار أخف الذرات، فالشرط المحفز هو إرتفاع حرارتها إلى درجات فائقة، لا يمكن إدراكها بالوسائل المعتادة، كالنار والكهرباء.

وهناك شرط آخر للإنصهار، وهو توافر النيوترونات في الذرات غير المنصهرة، فتلك الجزيئات تؤدي دور الطين في تماسك الحجارة في البناء، والنيوترونات تجعل الجزيئات الأخرى، وهي البروتونات، تتماسك في نواة الذرة.

وكما أن أكبر الذرات أكثر ميلاً للإنشطار من سواها، كذلك فإن أصغر الذرات أكثر ميلاً للإنصهار من سواها.

لهذا فإن أفضل مادة لتحقيق الإنصهارات الذرية هي عنصر «الهيدروجين»، فذراته أصغر الذرات، حيث أنها لا تحتوي إلا على

جزيء أساسي (بروتون) واحد فقط. ولكن، ليس أي هيدروجين يصلح لذلك، فالنظير المألوف منه لا يحتوي على نيوترونات بالمرّة، فلا يمكن لذراته أن تنصهر ببعضها.

أما نظائر الهيدروجين الأخرى، وكلّها ذات جزيء أساسي واحد، وإلى جانبه نيوترون واحد أو أكثر، فهي أكثر المواد قابليّة للإنصهار لأنها تجمع بين الصّغر وتوفّر النيوترونات في ذراتها.

لا يتوافر من تلك النظائر في الطبيعة سوى النظير الذي يحتوي على نيوترون واحد إلى جانب جزيئه الأساسي، وهو النظير المسمّى الهيدروجين الثنائي (Deuteron). أما النظير المسمّى الثلاثي (Tritium) الذي يحتوي على نيوترونين، فهو أفضل للإنصهار من الهيدروجين الثنائي، إلا أنه غير متوافر في الطبيعة، وإنّما يتمّ توليده في المفاعلات الذرية.

والهيدروجين المألوف هو المكوّن الأوّل للماء، وإلى جانبه الأوكسجين. أما نظيره الثنائي فهو الذي يكوّن الماء الثقيل. والنظير الثلاثي يتولّد في المفاعلات الذرية العاملة بالماء الثقيل، بأن يدخل نيوترون إلى نواة الذرة منها ويستقر فيها، فيصبح ذلك الماء من نوع أثقل مما هو معروف بالماء الثقيل.

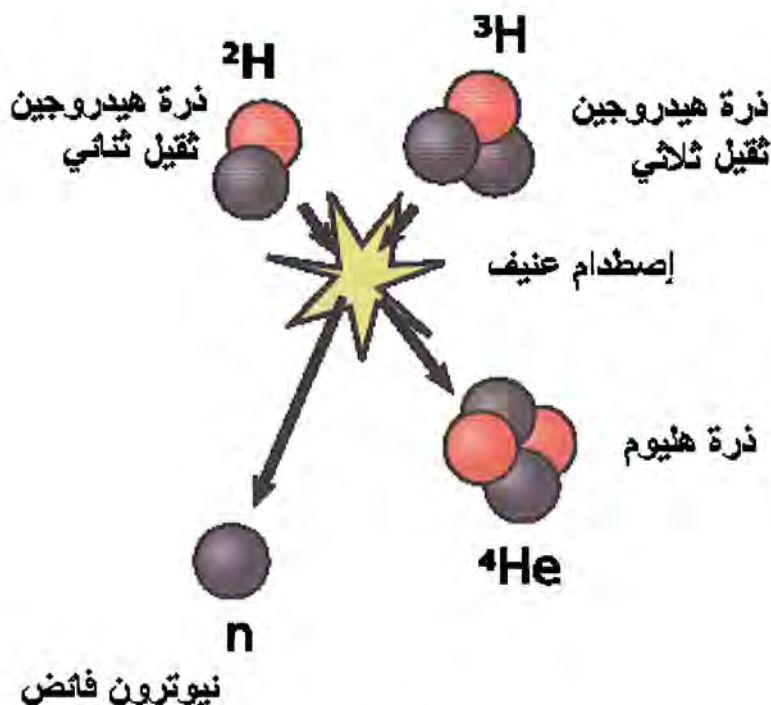
ويتمّ الإنصهار بأن تتحد نواة ذرة من أحد نظيري الهيدروجين المذكورين بنواة ذرة أخرى مماثلة، فتكوّنان معاً ذرة ذات بروتونين ونيوترونين، وهي ذرة غاز معروف في الطبيعة، إسمه الهيليوم (Helium).

لم ينجح الباحثون حتى اليوم في إستحداث إنصهارات ذرية في المختبرات، إلا بشكل خاطف غير مستقر، لا تنبعث منه طاقة يُستفاد منها. ذلك أن الحرارة الضرورية لمثل ذلك الإنصهار تقدّر بحوالى مائة مليون درجة، في حين أن أعلى دراجة حرارة تمّ توليدها بالوسائل المعتادة على سطح الأرض، أي بالتفاعلات الكيميائية والكهربائية، لا تكاد تتجاوز ثلاثة آلاف درجة، وأين ذلك من مائة مليون!

وهناك وسائل أخرى خاصّة لبلوغ حرارات شديدة الإرتفاع، ما زالت تقتصر على التجارب المخبرية لأنها غير عملية في الأعمال الصناعية، إلا أنها لا تؤدّي لبلوغ الدرجة اللازمة لصهر الذرات. ولكن، عندما تنفجر القنبلة الذرية، فإنها تنشر حولها مثل تلك الحرارة الفائقة الإرتفاع.

وهكذا فإن الفكرة الأساسية في بناء القنبلة الهيدروجينية، هي أن توضع كمية من النظائر الثقيلة للهيدروجين بجوار قنبلة ذرية، وعندما تنفجر تلك القنبلة ينصهر الهيدروجين الثقيل، فتتولّد منه طاقة تفوق ما ينبعث من القنبلة الذرية بعشرات الأضعاف، وربما مئاتها.

فهل يعني ذلك أن التفاعلات الإنصهارية التي تتمّ في القنبلة الهيدروجينية أشدّ توليداً للطاقة من التفاعلات الإنشطارية التي تتمّ في القنبلة الذرية؟

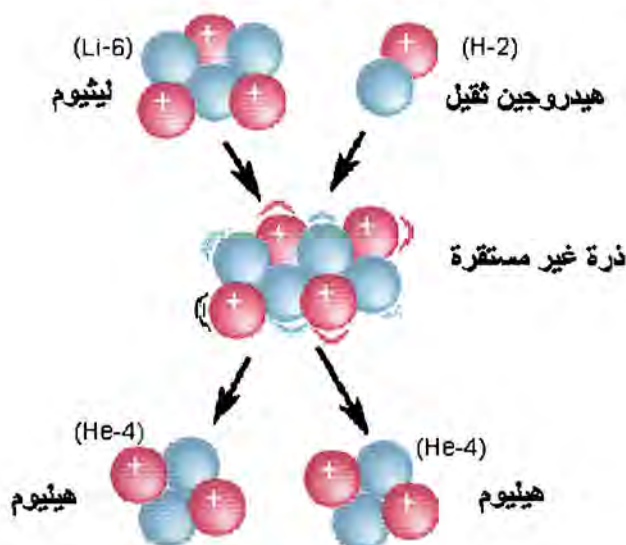


إنصهار ذرات الهيدروجين

الصحيح هو أن الطاقة المنبعثة متقاربة في حال إنصهار ذرتي هيدروجين ثقيل في ذرة هيليوم واحدة، أو إنشطار ذرة يورانيوم أو بلوتونيوم إلى ذرتين من مواد أخرى. ولكن الفارق الكبير هو أن ذرة كل من هذين المعدنين أثقل بحوالى مائة مرة من ذرة الهيدروجين الثقيل. لذلك فإن إنصهار كيلوغرام من ذرات ذلك الهيدروجين الثقيل قد يولّد طاقة تفوق ما يتولّد من كيلوغرام من اليورانيوم أو البلوتونيوم بحوالى مائة مرة.

والواقع أن إستعمال الهيدروجين مباشرة في القنبلة غير عملي .
 أولاً لأنه غازي ومن الصعب وضع كتلة كبيرة منه في قنبلة . وثانياً
 لأنّ الهيدروجين الثلاثي، وهو الأسهل إنصهاراً، لا يدوم طويلاً
 كي تُجهز القنبلة به ويُحتفظ بها طيلة سنوات، بل يتحول تدريجياً
 إلى هيدروجين خفيف عادي غير قابل للإنصهار .

لذا فإنّ المادة المستعملة فعلاً في القنابل الهيدروجينية هي مادة
 الليثيوم (Lithium) الصلبة، مشرّبة بالهيدروجين الثنائي . وعندما
 ترتفع حرارة تلك المادة إلى عشرات ملايين الدرجات، ينصهر
 الليثيوم مع الهيدروجين الثنائي، ثم تنشط الذرة المتكوّنة من ذلك
 الإنصهار فوراً إلى ذرتين من الهيليوم .



إنصهار ثم إنشطار الهيدروجين الثقيل مع الليثيوم

وإذا نظرنا إلى تصميم القنبلة الهيدروجينية المنسوب إلى الباحثين «ستانيسلاو أولام» (Stanislaw Ulam) و«إدوارد تيلر» (Edward Teller) ، كما قد «تسرّب» على الأنترنت (ولا شك بأن به تمويهات صناعية، إلا أنه معقول نظرياً)، لوجدناه كما يلي:

- الغلاف المعدني الخارجي يشمل كل ما تتكون منه القنبلة، ويتناسب بشكله مع وسيلة حملها، بالصاروخ أو الطائرة، وله وظيفة هامة قوامها أن صفحته الداخلية مرآة مصقولة، تعكس الإشعاعات الواقعة عليها.

- طبقة من مادة البوليستيرين (polystyrene) تملأ سائر الفراغ بين أجزاء القنبلة. وهي المادة البلاستيكية البيضاء اللون، ذات التكوين الإسفنجي، التي تُغلف بها بعض العُلب وتوضع داخل صناديق الشحن، كي تحفظ محتوياتها من الصدمات أثناء نقل البضائع. فهي تقوم بتلك الوظيفة ضمن القنبلة، ولكن الإعتقاد السائد هو أن لها وظيفة أخرى، كما هو مبين أدناه.

- قنبلة ذرية تقليدية تشغل أحد جانبي الحجم الداخلي.
- غلاف ثانٍ من معدن ثقيل يشغل الجانب الآخر من الحجم الداخلي ويشكّل دريئة عمّا بجوفها.
- الوقود الهيدروجيني داخل الدريئة، وهو مكوّن من معدن الليثيوم المُسرّب بالهيدروجين الثنائي المعروف «بالثقل».
- ماسورة من البلوتونيوم أو اليورانيوم العالي التخصيب.

- وعاء يحتوي مادة «البولونيوم» المشعة بالنيوترونات.



تصميم القنبلة الهيدروجينية

أما عمل كل من مكونات القنبلة الهيدروجينية فهو التالي :

- تؤدي القنبلة الذرية وظيفة الصاعق الذي يتسبب بإضرار التفاعلات الانصهارية في الوقود الهيدروجيني. فعندما تنفجر القنبلة الذرية، تنبعث منها طاقة ضخمة، معظمها على شكلين: إشعاعات بعضها مرئي وأكثرها من نوع أشعة «اكس» (X Rays)، وموجة صادمة تسحق ما حولها. والإشعاعات

وحدها تلعب الدور المطلوب في تفعيل إنصهار الوقود في القنبلة الهيدروجينية.

- تنبعث الإشعاعات من القنبلة الذرية عند انفجارها، فما هو متجه نحو الداخل يخترق مادة البوليستيرين الهشة بسهولة، وما هو متجه نحو الخارج لا ينفذ من الغلاف الخارجي، بل ينعكس على صفحته الداخلية المصقولة ويرتد نحو الداخل، وتقع الإشعاعات المجتمعة على الغلاف المعدني الثقيل الذي يحتوي الوقود الهيدروجيني فتلهبه، رافعةً حرارته إلى ما يقرب من مائة مليون درجة، فيتفجر نحو الخارج ونحو الداخل. والإعتقاد السائد هو أن مادة البوليستيرين تلتهب كذلك فينتقل لهبها إلى الدريئة التي تحتوي الوقود فيساهم في تفجيره. وبما أن سرعة إنتشار الإشعاعات أعلى بكثير من سرعة الموجة الصادمة، فإن الوقود الهيدروجيني ينعصر ويعصر ما بداخله قبل أن تصل الموجة الصادمة إليه.

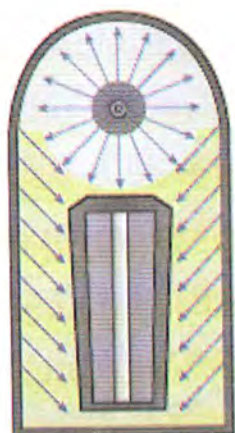
- يأتي الآن دور ماسورة البلوتونيوم، ومقدار كتلتها المحدود وشكلها المفرغ يجعلانها بعيدة عن الحد الحرج الذي يؤدي للانفجار الذري. ولكن الضغط الهائل المسلط على الماسورة بفعل الانفجار الإنقباضي للدريئة المعدنية الثقيلة يؤدي، ليس إلى تجمع كتلتها فحسب، بل إلى تقليص حجمها دون الحجم المعتاد للمعدن الممتلئ بأضعاف. فهو ضغط من شأنه أن يدمر مدينة كاملة، فما يكون فعله إذا تسلط على مقدار قبضة من

المعدن؟ ذلك التقلص الشديد يؤدي إلى سد الطريق على النيوترونات المنبعثة من البلوتونيوم ومن البولونيوم في وسطه، فتتزايد الإنشطارات فيه حتى تشمل سائر كتلته. أي أن مادة الأنبوب تتجاوز الحد الحرج، فتتحول إلى قنبلة ذرية منفجرة في وسط القنبلة الهيدروجينية.

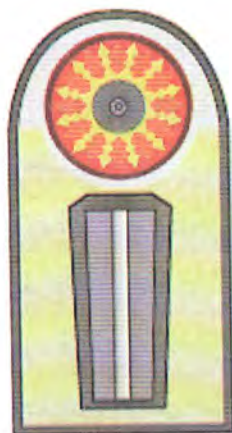
- يصبح الوقود الهيدروجيني بين إنفجارين ذريين: إنفجار يحيط به من الخارج ويضغط عليه باتجاه الانقباض، وآخر يدفع به من الداخل نحو الانتشار، فيبقى محصوراً بينهما ومنضغطاً بقدر هائل. وكلا الانفجارين يرفع حرارة ذلك الوقود لدرجة الانصهار النووي، التي قد تبلغ مائة مليون درجة، فيتم ذلك الانصهار ويشمل معظم كتلة الوقود، ويؤدي إلى تفجير طاقة هائلة، تبلغ عشرات أضعاف الطاقة المنبعثة من الانفجارين الذريين، الخارجي والداخلي، اللذين أحدثاه.

والجدير بالذكر أن الدريئة التي تكون وعاء الوقود الهيدروجيني تُصنع من اليورانيوم المنضبّ العديم الفائدة في صنع الوقود الذري الإنشطاري، إلا أنه معدن شديد الثقل، قريب من ثقل الذهب، وذلك يساعد على تشديد الضغط الانقباضي.

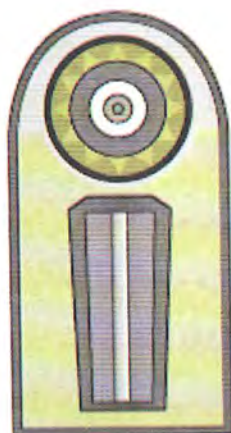
ولقد تبين بالتجربة بأن الحرارة الهائلة والنيوترونات الفائقة السرعة المنبعثة من إنصهار الوقود الهيدروجيني تؤدي إلى إنشطار ذرات ذلك اليورانيوم المنضبّ، التي لا تنشط في ظروف تفجير القنبلة الذرية التقليدية، وذلك يضاعف مقدار الطاقة المنبعثة من القنبلة الهيدروجينية.



الأشعة المنبعثة تلهب
البوليستيرين



تفجير القنبلة الذرية



قبل التفجير



إنقباض الدريئة يضغط
ماسورة البلوتونيوم فينفجر
ويصهر الهيدروجين ويفجّره



الذهب يفجّر الدريئة
نحو الداخل

مراحل انفجار القنبلة الهيدروجينية



صورة تاريخية لتجربة أول قنبلة هيدروجينية
عام 1952

القنابل النووية الحديثة

تطوّرت صناعة الأسلحة المشتقة من القنابل الذرية وتعددت أنواعها، فسُميت جميعها بالأسلحة «النووية» لأنها تقوم جميعها على تفاعلات نوى الذرات، من إنشطارات أو إنصهارات. ليست كل الأسرار المتعلقة بصناعة القنابل النووية مباحة، ومعظم المباح منها هو ما إنتشر بين علماء الفيزياء الذرية غير المعنيين بالأبحاث العسكرية، من حيث هي علوم عامة، لا يمكن التستر عليها أو إحتكارها، لاسيما إذا كانت متّصلة بالصناعة السلمية المدنية.

لذا فإن توصيف القنابل النووية الحديثة المختلفة المذكورة فيما يلي يقتصر على شرح مبسّط لما هو معلوم عنها بشكل مؤكّد، ولا يتضمّن وصفاً دقيقاً لتفاصيلها السريّة.

بعد نجاح تجارب القنبلة الهيدروجينية، أخذت صناعة الأسلحة النووية تتطوّر بإتجاهات عدّة، تحقيقاً لأهداف مختلفة. ويمكن القول إجمالاً ان القنابل الذرية القديمة، وحتى الهيدروجينية البسيطة الأولى، لم تعد مصنّعة، بإستثناء بعض التطبيقات الخاصّة. فمعظم ما يتم إنتاجه اليوم من أسلحة نووية قنابل مركّبة تجمع بين هاتين التقنيتين.

أحد الأهداف المتوخّاة كان تحسين فعّالية الأسلحة، أي رفع مقدار الطاقة المنبعثة منها، دون تضخيم حجم أو وزن القنابل. ولقد تمّ كثير من ذلك بفضل التجارب المتكرّرة، وإستعمال موادّ مستحدثة وتصاميم معدّلة.

تمّ بهذا الصدد كان تحسين أداء الصواعق الكهربائية التي تُضرم المتفجّر الكيميائي، بحيث يتم الإضرار بشدّة كافية وبلحظة واحدة. كذلك تمّ إستنباط متفجرات كيميائية جديدة، أشدّ عنفاً وأسرع إنتشاراً، وتمّ تحسين هندسة أشكال المتفجرات وتوزيعها على الكرة الجوفاء التي تتألّف منها، كي تولّد موجة إنفجار إنقباضي أشدّ وأقرب للشكل الكروي الصحيح المطلوب لتجميع البلوتونيوم وعصره بقوة، حتى يتقلّص وتنشط الإنشطارات فيه.

كذلك تمّ تحسين نقاء البلوتونيوم، لاسيما فيما يتعلّق بخلوّه من نظيره رقم 240، الذي يتسبب بإضرار تفجير إنشطاري جزئي، ويفسد بذلك تفجير الجزء الأكبر من ذلك الوقود الذري.

كل ذلك أدى إلى بناء قنابل نووية بقدرة تفوق قدرة قنابلي هيروشيما وناغازاكي بأضعاف، دون زيادة كمية الوقود الذري (البلوتونيوم)، أو تضخيم حجم القنبلة أو وزنها.

إلا أن رفع القدرة التدميرية للقنابل النووية لم يكن الهدف الأهم لتلك الصناعة الحربية، بل كانت هناك أهداف أخرى.

من بين تلك الأهداف إنتاج قنابل ذات طاقة مخفّضة. فالقنبلة العالية القدرة لا تصلح لتدمير هدف عسكري صغير أو متوسط، يدعى «تكتيكي»، دون المساس بما حوله، وذلك قد يتعارض مع تحقيق الغرض العسكري المستهدف.

وهناك أسباب مماثلة أدّت إلى السعي وراء صنع قنابل نووية ذات صفات معيّنة.

القنابل المصغرة والمقرّمة

القنابل الذرية القديمة التصميم كانت تزن عدة أطنان. لذلك لم يكن بالإمكان إلقاؤها على الأهداف إلا بحملها على الطائرات العملاقة.

كذلك كان، وما زال، مستبعداً أن يُمكن رمي القنابل الذرية بالمدافع، مهما كانت تلك المدافع كبيرة. فثقل تلك القنابل يجعل الأمر متعذراً من ناحية، ومدى رماية المدافع، المحدود ببضعة كيلومترات، يتعارض مع ذلك من ناحية أخرى. فالانفجارات النووية تنتشر في الجوّ سُحباً من الغبار والأتربة المثيرة للإشعاعات القاتلة، لاسيما بالأورام السرطانية التي تسببها، وتلك تنتشر على مساحات واسعة بفعل الرياح، حتى انها قد تؤذي مطلقى القنبلة بمقدار ما تؤذي من تُلقى عليهم، إذا لم يكونوا على بعد كبير من مكان سقوطها.

هذا ما أدّى إلى السعي وراء بناء الصواريخ الحاملة للقنابل النووية، كي تطلق من قواعد ثابتة أو من على منصّات متنقلة، أو من السفن الحربية بأنواعها، لاسيما الغوّصات. فإن مدى الصواريخ يتجاوز مدى المدافع بأضعاف، بل إن بعضها عابر للقارات.

ومثل ذلك يستدعي تصغير حجم القنابل، لكي تتناسب مع قدرة نقل الصاروخ.

لذلك توجّهت الأبحاث في تلك الصناعة الحربية باتجاه تصغير

حجم وزنة القنابل النووية، أكثر من إتجاه زيادة قدرتها التدميرية. ولقد نجحوا في ذلك إلى حدٍّ بعيد.

تمّ ذلك بالإكتفاء بأقل قدر من البلوتونيوم في صناعة القنابل النووية، وذلك المقدار سرّ عسكري غير مباح، وهو لا شك دون خمسة كيلوغرامات. كذلك تم الإكتفاء بأقل قدر من المتفجرات الكيميائية وبالأغلفة المعدنية.

ومما ساهم في ذلك، إستنباط متفجرات كيميائية جديدة أشد فعّالية مما كان معروفاً في السابق. ولقد إستخدمت بعض تلك المتفجرات الكيميائية الجديدة فيما بعد في الصناعة الحربية التقليدية، بل وفي بعض الإستخدامات السلمية، إلا أن أحدث تلك المتفجرات لم تستخدم في مثل ذلك، حفاظاً على سرّيتها.

ويُقال بأن زنة بعض القنابل المصغرة لا تتجاوز 23 كيلوغراماً، بمقابل أربعة أطنان لقنبلة هيروشيما، أي أنها قد تُنقل في حقيبة سفر. ولقد أدّى ذلك الإنجاز إلى تخوّف الدول الكبرى من أن تُهرّب مثل تلك القنابل عبر بعض حدودها، ثم أن تُستعمل في تدمير مدنها، أو التهديد بفعل ذلك.

كذلك نجح الخبراء في تعديل هندسة القنابل النووية، فتحول شكلها الكروي إلى شكل بيضاوي مستطيل، يتلاءم مع شكل رأس الصاروخ الحامل لها.

ولقد نشط البحث عن وسائل لخفض قدرات القنابل النووية، بدلاً من رفعها، لحاجات عسكرية. من ذلك إستعمالها لتمهيد

الهجوم والإحتلال، أي أن يجري قصف تجمّعات العدو أو قواعده بالقنابل النووية، للقضاء عليه أو لشلّ حركته على الأقل، ثم أن يتم التقدم وإحتلال المساحات الواسعة من حول ووراء المواقع المقصوفة، مع تحاشي تلك المواقع، لأن الإشعاعات القاتلة والمسببة للأورام السرطانية تستمرّ فيها مدّة طويلة. ومثل ذلك يستدعي خفض قدرة القنبلة النووية، كي لا تتسع دائرة المناطق الملوّثة بالإشعاعات التي تسبب بها، ويتعذر بذلك تفاديها والوصول إلى ما وراءها.

توصف مثل تلك القنابل النووية المحدودة الطاقة بأنها «تكتيكية». وقدرتها تقلّ غالباً عما يعادل ألف طن من مادة TNT الشديدة الانفجار، أي أن قدرتها تقلّ حوالى عشرين مرّة عن قنبلة هيروشيما.

ومن التصاميم المتّصلة بمثل تلك القنابل النووية المقرّمة، رأس صاروخ يحمل عدّة من تلك القنابل، فينشرها على مساحة واسعة، قبل تفجيرها بقليل، وذلك يؤدي إلى فعّالية تدميرية أكبر من فعالية قنبلة واحدة كبيرة، ويثير كمية أقلّ من السُحْب الإشعاعية من حولها.

ولا شك أن الدافع الأكبر نحو تقزيم القنابل النووية كان السعي وراء الحصول على سلاح صالح للإستعمال في الحروب المحلية والصغيرة، ضد الدول التي لا تملك أسلحة نووية. ذلك أن قدرة الدمار الهائلة للقنابل النووية المعتادة جعلت إستعمالها

مستحيلاً في مثل تلك الحروب، لاسيما إذا كان الغرض من الحرب إخضاع الدولة المعادية والسيطرة على مواردها المادية والبشرية، وليس تدمير تلك الموارد.

كذلك فإن إستعمال الأسلحة النووية المعتادة قد أصبح مستحيلاً بين الدول الكبرى، فتحوّلت تلك الأسلحة إلى أداة ترهيب وردع، ليس إلا. فإن بدأت إحدى الدول الكبرى بقصف أخرى بالقنابل النووية، فإنها لا تستطيع منع الأخرى من الرد عليها، مهما كانت الضربة الأولى مفاجئة وكبيرة. ذلك أن كل من تلك الدول قد إحتاطت لإحتمال كهذا بوسائل متعددة، منها توزيع الأسلحة النووية في مواقع عديدة متباعدة، سرّية ومتغيّرة، وفوق صواريخ عابرة للقارات جاهزة للإطلاق، وحملت الكثير من تلك الأسلحة في جوف غواصات تجوب أعماق المحيطات طيلة شهور وسنوات، ولا يُعرف مكانها.

ومثل ذلك الرد، إذا حصل، يؤدي لدمار لا يُمكن تحمّله، لاسيما إذا قد تم نتيجة وضع إنتقامي يائس.

لذلك فإن الدول الكبرى النووية الخمس متفقة رضائياً على تحريم البدء باللجوء إلى السلاح النووي، وهو تحريم ملتبّز به فعلاً، حتى انه لا يُعتقد أن قد تحنّث به أية دولة، إلا إذا كانت في وضع يائس يتساوى فيه البقاء والفناء، لأنه ليس في مثل تلك الحروب النووية إنتصار أو هزيمة، بل هو فناء شبه محتم، حتى وإن كان الخصم أضعف بمرات من البادئ بالهجوم.

ويسري هذا التحريم كذلك على الحروب بين الدول الكبرى والدول الصغيرة، لأن الدول الكبرى الأخرى، غير المعنية مباشرة بالحرب، تخشى أن تتوسع العمليات فتشملها. لذلك فإن الدول النووية قد إصطلحت على تحريم البدء بإستعمال السلاح الذري بشكل مطلق، سواء ضدها أو ضد أي جهة أخرى.

كل ذلك حدا بالدول النووية إلى تطوير سلاح دمار جزئي، غير شامل، في موقع متوسط ما بين الأسلحة النووية والتقليدية، قد يُستثنى من التحريم الرضائي المتفق عليه فيما بينها.

وبالفعل، تمكّنت تلك الدول من صنع قنابل تسمّى «نيوترونية»، هي في الواقع قنابل نووية مقزّمة، قد تنخفض قوتها التدميرية إلى ما يعادل مائة طن فقط من مادة TNT، إلا أن غلافها الخارجي مصنوع من مادة قليلة الإمتصاص للنيوترونات. فتنتطلق تلك النيوترونات غزيرة حين إنفجار القنبلة، فتفتك بالبشر على مسافات متوسطة من موقع تفجيرها، بينما يظل مدى مفعولها التدميري محدوداً.

وهكذا، فإن أسرار القنابل النيوترونية محدودة عملياً بأسرار القنابل النووية الأخرى وتقزيمها. وقد يوحي إسم تلك القنابل أن بها مصدر إضافي لتوليد النيوترونات، إلا أن ذلك غير صحيح، وكل ما في الأمر أن إختيار مادة غلاف القنبلة يتم بغرض خفض إمتصاص النيوترونات، بعكس ما هو معمول به في القنابل النووية الأخرى التي تهدف إلى تدمير المنشآت، وتفادي الفتك بالبشر

على مسافات بعيدة، لأنهم في الغالب من المدنيين غير المعنيين بالحرب، بل وقد يكونون من أعوان أصحاب القنبلة أو أصدقائهم. والشائع أن القنابل النيوترونية تفتك بالبشر ولا تدمر الحجر. وذلك قول غير دقيق، فهي في الواقع قنابل مقرّمة، تدمرها للمنشآت أقل مما تفعله القنابل النووية الأخرى، إلا أن فتكها بالبشر بجوار مكان إنفجارها يعادل ما تفعله تلك القنابل الأخرى، لأن غزارة النيوترونات المنفلتة منها تعوّض إنخفاض قدرتها الإجمالية.

أما على مسافات بعيدة من مكان الانفجار، فإن إشعاعات القنابل الذرية تنتقل بفعل السحب والغبار التي يثيرها إنفجارها. والطاقة التفجيرية للقنابل النيوترونية محدودة، فهي لا تثير كثيراً من السحب الإشعاعية، ويظل أذاها محدوداً على تلك المسافات. ورغم تلك «التحسينات» على القنابل النووية، لاسيما بشكلها «النيوتروني» المذكور، فإنها ما زالت محرّمة الإستعمال بالإتفاق الرضائي بين الدول الكبرى، وإن كانت هنالك شائعات بين الحين والآخر تقول بأنها قد إستعملت سراً في بعض الحروب المحلية.



تصغير حجوم القنابل النووية

القنابل «الملّحة» والقذرة

تفتّت أذهان خبراء الأسلحة النووية عن فكرة تبدو أقرب إلى الرغبة في إزهاق الأرواح منها إلى تحقيق الأغراض العسكرية، إلا أنهم قدّموا المبررات لها. تلك هي فكرة القنابل التي سمّوها «ملّحة» (Salted). والمقصود أنها أغنى بالسموم وبالإشعاعات القاتلة من القنابل النووية التقليدية بأضعاف.

لا يُكتفى في القنابل «الملّحة» بالتلوّث الذي تنشره الأتربة المتصاعدة من الانفجار النووي، متسببة بالموت البطيء، بل تضاف إليها مركّبات معدنية معيّنة، سمّوها «أملاحاً»، من شأنها أن تحتبس النيوترونات المنبعثة بشدّة من الانفجار أكثر بكثير مما تفعله الأتربة العادية، فلا تدع تلك النيوترونات تخرج إلى الفضاء الكوني بعيداً عن البشر، بل تتشرّب بها ثم تظلّ تنشرها من حولها طيلة سنوات. ومن أشهر المعادن المناسبة لذلك معدن «الكوبالت». ولقد بلغ «سخاء» بعض الخبراء إقترح إستعمال الذهب بدلاً من الكوبالت، فهو أكثر فعالية في تحقيق الغرض المطلوب.

في حال عدم إستعمال الأملاح، تخرج معظم النيوترونات التي يسببها الانفجار الذري إلى الفضاء الكوني، وينحبس جزء منها فقط في الأتربة التي تلوّثها، فتتسبب بالإشعاعات التي تتسبب بالأورام السرطانية، لاسيما إذا دام التعرّض لها مدّة طويلة. أما إذا كانت تلك الأتربة غنية بمعدن الكوبالت المُشبع بالنيوترونات، فإن الإشعاعات المنبعثة منه تكون أشد بكثير، فلا

يتمكّن الناس من الفرار من المحيط الواسع حول موقع الانفجار،
لسرعة فتكها بخلايا أجسادهم.

أما المبرر العسكري لصنع تلك القنابل وإستعمالها فهو جعل
بعض المساحات غير المأهولة تفتك بمن يدخل إليها، لمنع جيوش
الأعداء من إجتيازها بغرض الهجوم أو الإنسحاب، وذلك لفترة قد
تدوم أعواماً. كأنهم قد زرعوا ألغاماً لا سبيل إلى نزعها في تلك
المساحات.

وهناك نوع آخر من القنابل، توصف بالقذرة، تهدف كذلك
لنشر المواد المشعة القاتلة من حولها.

«القنابل القذرة» ليست قنابل ذرية، وإنما هي قنابل كيميائية
تقليدية، تضاف إليها كميات كبيرة من النفايات النووية الغنية
بالإشعاعات الفتاكة. وعندما يتم تفجير مثل تلك القنابل، تنتشر
تلك النفايات غباراً ذرياً على مساحة واسعة.

وأغلب الظن أن فكرة تلك القنابل قد أتت من بعض الدول
النووية، التي تحار كيف تتخلص من نفاياتها الذرية الشديدة
التلويث للبيئة، فخطر لبعضهم تخزينها على شكل قنابل تصلح
لجعل بعض المواقع بحكم الملعمة، تفتك بمن يجتازها بغرض
الهجوم أو الإنسحاب، على غرار القنابل «الملّحة»، إنما على
مساحات أقلّ إتساعاً.

و«المزية» العسكرية للقنابل القذرة هي أنها ليست سلاحاً نووياً
يشمله إتفاق حظر الإستعمال، الذي لا تغامر أية دولة بالحنث به.

إلا أن أصحاب تلك الفكرة تنبّهوا فيما بعد إلى أن صنع مثل تلك القنابل لا يشكّل صعوبة على البلدان الصغيرة، بل ولا على الجماعات الثائرة، لاسيّما وأن النفايات الذريّة تُشحن بكمّيات كبيرة إلى مثل تلك الدول، للتخلّص منها.

كذلك تنبّهوا إلى خطر دخول مثل تلك القنابل سرّاً إلى بلادهم، ومن ثم تفجيرها في بعض مدنها، فيضطر سكّانها للفرار منها، وتصبح خراباً.

لذلك فإن الكلام يجري عن القنابل القذرة كأنها فكرة نشأت لدى الجماعات الثائرة، الموصومة بالإرهاب.

القنابل الفائقة القدرة

كثيراً ما توصف القنابل النووية الحديثة بأنها مكوّنة من طبقتين، طبقة أولى «إنشطارية»، دورها إضرام التفاعلات في طبقة ثانية «إنصهارية». والطاقة المنبعثة من الطبقة الثانية تفوق الأولى بعشرات الأضعاف.

كذلك تبين أن الطبقة الثانية تُحدث بدورها تفاعلات إنشطارية عالية النسبة في الدّريّة المصنوعة من اليورانيوم المنضّب، التي تغلّف الوقود الهيدروجيني، وهي تفاعلات لم تكن معروفة من قبل، لأنها لا تتم إلا إذا كانت سرعة النيوترونات شديدة الارتفاع جداً، أعلى بكثير مما هي عليه في التفاعلات الذرية المعروفة قبل ذلك، ولكنها تحدث نتيجة التفاعلات الإنصهارية في القنبلة الهيدروجينية.

لذلك خطرت فكرة بأن تُضمّن في القنبلة كميات من اليورانيوم المنضّب الذي لا قيمة له، بل يُعتبر من النفايات، فتكوّن طبقة ثالثة من الانفجارات، قد تفوق قدرتها قدرة الطبقة الثانية بأضعاف، إذا كان مقدارها ضخماً بما يكفي.

وفي أوج الحرب الباردة، عام 1961، إثر بناء جدار برلين، ونشر شبكة صواريخ أمريكية شبكة صواريخ حاملة للقنابل النووية بالقرب من مدينة إزمير بتركيا المحاذية للإتحاد السوفييتي، وقبل الرد السوفييتي بنشر شبكة مماثلة في كوبا بقليل، في تلك الأيام العصيبة التي كان العالم فيها على شفا حرب نووية، أعلن

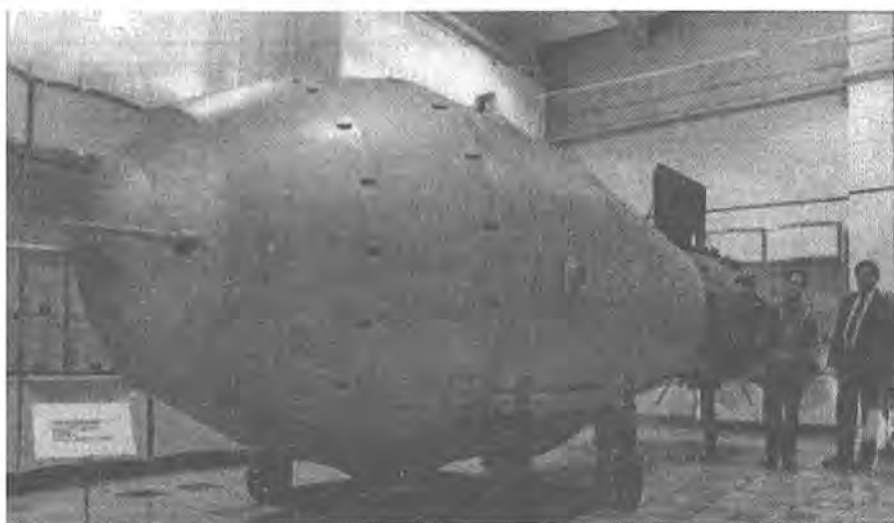
«خروتشوف» عن نجاح بلاده في صنع قنبلة تبلغ قدرتها مائة مليون طن من المواد الشديدة الانفجار، أي أنها تفوق قدرة القنابل الذرية الأولى بحوالى خمسة آلاف مرة!

وبالفعل، رصد الأمريكيون في تلك الأيام انفجاراً تجريبياً لتلك القنبلة، وقدروا طاقتها بحوالى ستين مليون طن، فسمّوها «قنبلة قيصر»، لضخامتها ونسبتها لروسيا.

لا يبدو تصميم مثل تلك القنبلة شديد الصعوبة لمن يتقن صنع القنابل النووية ذات الطبقتين، إلا أن الحاجة لقنبلة بمثل ذلك الحجم تبدو غريبة، لاسيّما وأنه من غير المحتمل أن يكون من الممكن إطلاقها بالصواريخ العابرة للقارات بسبب ضخامتها المتوقعة. لذلك غلب الظن بأن الهدف منها لم يكن ترجيح الكفة في سباق التسليح، بل إبلاغ الخصوم بأن هزيمة روسيا لحرب نووية، إذا وقعت، قد تعني فناء الحياة من حولهم، عليهم وعلى أعدائهم! أوحى تلك الفكرة لبعضهم بأن تصوّر بناء قنبلة أضخم من قنبلة قيصر بمئات المرات، لا حاجة لإطلاقها، بل يُحتفظ بها في مكان حصين، وتُفجّر إذا خسر صاحبها الحرب، فتملاً فضاء الكرة الأرضية سُحْباً إشعاعية قاتلة، تلفّها بالكامل، وتُفني جميع مظاهر الحياة عليها. وأدّى ذلك التصوّر إلى إنتاج فيلم سينمائي بريطاني بهذا المعنى، يجمع بين الهزل والرعب، أخرجه «ستانلي كوبريك» ومثّل نجم الكوميديا «بيتر سيلرز» عدّة أدوار فيه.

ولا يبدو أن مثل تلك الفكرة الانتحارية كانت الدافع وراء

صنع «قنبلة قيصر»، وإنما هي مسألة حرب أعصاب. إذ كانت كل من الدولتين العظميين تعلم بأن الأخرى ترصد تفجيراتها النووية بدقة، وتعرف بالتالي مقدار الطاقة المنبعثة منها. وكان الاتحاد السوفييتي في موقف حرج، بعد نشر أمريكا صواريخها النووية في تركيا، وقبل الردّ على ذلك بنشر شبكة مماثلة في كوبا، فكان الغرض من تفجير تلك القنبلة إيهام أمريكا بأن السوفييت ربّما قد توصّلوا لإنجاز علمي بصنع قنبلة بمثل ذلك الهول، يمكن إطلاقها بالصواريخ أو إلقاؤها من طائرة إنتحارية فوق أمريكا.



**أعلى القنابل قدرة تعادل حوالي 100 مليون طن TNT
سوفياتية 1961 سمّاها الأميركيون قنبلة قيصر**

الصناعة النووية الحديثة

تخصيب اليورانيوم

تخصيب اليورانيوم هو مفتاح التقنيات النووية، مدنية كانت أم عسكرية. فصناعة قنبلة ذرية تقليدية ممكنة باليورانيوم العالي التخصيب وحده، دون البلوتونيوم، وتوليد البلوتونيوم نفسه يتم أساساً في المفاعلات الذرية العاملة باليورونيوم المخصَّب، ولو بنسبة محدودة.

كذلك فإن توليد الكهرباء في المفاعلات الذرية يتمّ باستعمال اليورانيوم المخصَّب.

وبالنتيجة، فإن إتقان مثل ذلك التخصيب هو بمثابة بلوغ درجة التأهيل للقيام بالخطوات التالية.

أما تقنيات التخصيب نفسه، فإنها تتركز جميعها على فرز ذرات اليورانيوم بحسب أحجام أو أوزان تلك الذرات، وليس على أساس خصائصها الكيميائية أو قابليتها للذوبان أو التبخر، لأن تلك الخصائص تكاد تكون واحدة بالنسبة لجميع نظائر العنصر الواحد، سواء كان ذلك العنصر هو اليورانيوم أو سواه.

جميع طرق تخصيب اليورانيوم تبدأ بتحويله إلى غاز، لأن التمييز بين ذرات النظيرين، 235 و 238، من ذلك المعدن مستحيل إذا كان صلباً أو سائلاً. أما إذا كان غازياً، أي أن ذراته غير متماسكة أو متلاصقة فيما بينها، فالتمييز ممكن، وإن كان ذلك صعباً، ولا يتم إلا جزئياً وبتكرار فرزه مرات عديدة. وأبسط طريقة لجعل اليورانيوم غازياً هي تحويله إلى مركب رمزه الكيميائي UF₆، يتكون منه ومن عنصر «الفلورين» (Fluorine). فإن ذلك المركب يتبخّر على درجة حرارة منخفضة، في حين أن اليورانيوم البسيط لا ينصهر ثم يتبخّر إلا على درجات من الحرارة تبلغ الآلاف.

وبعدما تتم عملية التخصيب، يتم استخراج اليورانيوم من مركب UF₆ باستخراج الفلورين منه بالوسائل الكيميائية. أول فكرة خطرت لفرز اليورانيوم كانت مبنية على إخضاع تيار من بخار مركب اليورانيوم المشحون بالكهرباء لمجال كهرومغناطيسي قوي، وذلك يؤدي لأن تتسلط على ذرات ذلك البخار قوة تدفعها للانحراف عن مسارها المستقيم، فتجعلها تسير على شكل قوس دائري.

وكلّما خفّت زنة الذرات إزداد إنحرافها، وذلك قد يوحي بأن الفصل بين نظيري اليورانيوم، الأقل ثقلاً والأثقل، قد تكون حاسمة بهذه الطريقة، وأنه قد لا يحتاج سوى لتمريرة واحدة، يُحتفظ بعدها باليورانيوم 235 الخصب بنسبة مائة بالمائة، ويُلقى

النظير 238 في النفايات.

إلا أن الواقع بعيد عن ذلك كل البعد.

سبب ذلك أن ثقل الذرات ليس العامل الوحيد في مقدار إنحرافها. بل هنالك أيضاً عامل السرعة، فالذرات الأسرع أقل إنحرافاً من الذرات الأبطأ. وبما أن سرعات ذرات سيل البخار تختلف كثيراً بين الواحدة والأخرى، ولا تتحرك جميعها كأنها الجنود النظاميون في عرض عسكري، فإن إنحرافاتهما قد تختلف عما كان متوقعاً لها، فتنحرف ذرات ثقيلة أكثر من سواها، لأنها أقل سرعة، وتنحرف ذرات خفيفة أقل من الأخريات لأنها أسرع.

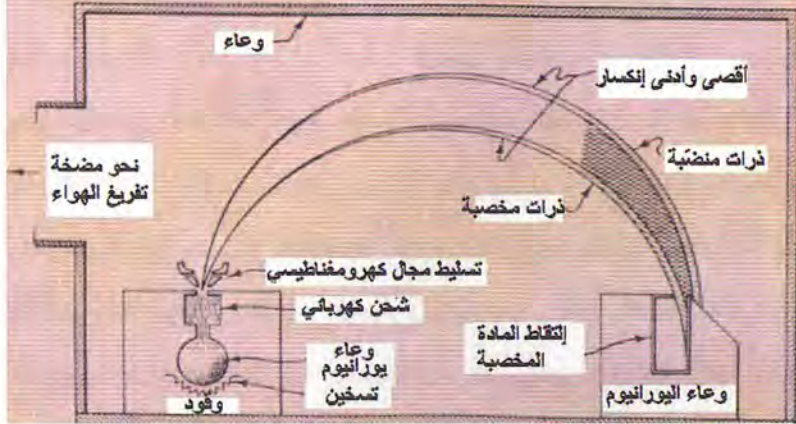
ويزيد المسألة تعقيداً أن دفع ذرات بخار مركب اليورانيوم لا يتم إلا بتسليط قوة كهربائية عليها، ومثل تلك القوة ترفع سرعة الذرات الأخف أكثر قليلاً مما تفعله بالنسبة للذرات الأثقل.

وبالنتيجة، فإن خصوبة الجزء الأكثر إنحرافاً من تيار بخار مركب اليورانيوم لا تختلف عن خصوبة الجزء الآخر الأقل إنحرافاً إلا بنسبة ضئيلة جداً.

وإذا تكررت عملية الفرز، على طبقات، كما هو مبين في الجزء الأول من هذا الكتيب، يتزايد الفرق بين أعلى طبقة من الفرز وأدناها. إلا أن الحصول على يورانيوم عالي التخصيب بهذه الطريقة يقتضي تكرير الفرز أو زيادة طبقاته عدداً كبيراً جداً من المرات، يقدر بالآلاف.

هنالك طريقتان أخريان لتخصيب اليورانيوم تمّ إستعمالهما

تخصيب اليورانيوم بالقرز الكهربومغناطيسي
المشروع البريطاني-الأمريكي 1942-1945



أيام الحرب العالمية الثانية لجمع ما يلزم لصنع قنبلة هيروشيما، أكثرهما فعالية طريقة «النشر الغازي» (Gas Diffusion) ، وهي تعتمد على فارق حجوم الذرات، بدلاً من فارق أوزانها.

أساس تلك الطريقة هو أنّ ذرّات الغازات تنفذ من خلال الأغلفة المسامية، كالفخار، إذا كانت المسام أكبر منها، كما تنفذ ذرات حبيبات الدقيق من بين ثقبوب المنخل. فإذا كان حجم المسام وسطاً بين حجمي ذرات اليورانيوم 235 وذرات اليورانيوم 238، فإن الذرات الأصغر تنفذ وحدها، وتنفصل عن الأخريات. إلا أن تحقيق الفصل الحاسم والكلّي بهذه الطريقة مستحيل في الواقع، إذ لا يمكن صنع مادة يزيد قطر جميع مسامها عن قطر ذرّة اليورانيوم 235 ويقل عن قطر اليورانيوم 238. كذلك فإن نفاذ الذرات الصغيرة من مسام لا تزيد عنها إلا قليلاً لا يتم إلا ببطء شديد.

وأقصى ما يمكن تحقيقه هو فرز جزئي جداً لنظيري اليورانيوم، فتخرج من خلال المسام نسبة من اليورانيوم أغنى قليلاً بالنظير 235. وبتكرار ذلك الفرز آلاف المرات، من خلال طبقات فرز متعددة ومتوالية، يتم الحصول على اليورانيوم المخصَّب بالدرجة المطلوبة.

إلا أن تلك الطريقة بطيئة جداً وطويلة جداً، كسابقتها. لذلك فإن العمل بها قد توقف في أيامنا هذه، إلا لبعض أغراض الأبحاث.

والعملية الوحيدة الشائعة اليوم لتخصيب اليورانيوم هي طريقة «الطرد المركزي».

التخصيب بالطرد المركزي

ترتكز طريقة تخصيب اليورانيوم بالطرد المركزي على التمييز بين ذرات نظيره 235 و 238 من حيث أوزانها.

من حيث المبدأ، تنطلق تلك الطريقة من كون الذرات الثقيلة تميل إلى الرسوب، بينما تميل الذرات الخفيفة إلى أن تطفو على السطح. وهكذا فإن السحب ترتفع في الجو، بدلاً من أن تسقط على الأرض بفعل جاذبيتها، لأنها أخف من الهواء.

وإذا إكتفينا بالجاذبية الأرضية لفرز ذرات اليورانيوم لما تحصل لنا شيء، لأن أبخرة النظيرين منهما شديدة الإمتزاج ببعضها، فلا تنفصل عنها بقوة الجاذبية وحدها. فالغازات التي يتكوّن منها الهواء مثلاً، لا تنفصل عن بعضها بفعل الجاذبية، فتصعد الخفيفة منها إلى الأعالي، وتهبط الثقيلة حتى تقع على سطح الأرض، رغم فارق أوزانها.

والحقيقة أن غازات الهواء تنفصل عن بعضها بفعل الجاذبية، ولكن بنسبة ضئيلة جداً. فإذا قارنا بين تركيبة الهواء فوق قمم الجبال بتركيبته في المنخفضات، لوجدنا أن نسبة الغازات الخفيفة أعلى قليلاً في المرتفعات منها في المنخفضات، والعكس بالنسبة للغازات الثقيلة.

ولو إعتمدنا على الجاذبية الأرضية وحدها لفرز نظيري مركّب اليورانيوم الغازي لإحتجنا إلى أواني بطول الجبال، لكي يتحصّل لنا بعض الفارق في نسبهما. وذلك بعيد جداً عن الواقع العملي.

لذلك لجأ الباحثون إلى طريقة «الطرد المركزي» لتحصيل بعض الفرز في نسبتي نظيري اليورانيوم، 235 و 238. فإن الطرد المركزي يسلط على الأشياء قوة كالجاذبية الأرضية، إلا أنها قد تكون أشد منها بكثير، وهي تدفع الأشياء إلى خارج حركتها الدائرية، بدلاً من أن تدفعها إلى أسفل، ومن هنا أتت تسميتها «بالطرد المركزي».

وفضل قوة الطرد المركزي هو أنها قد تكون كبيرة جداً، إذا كان الدوران سريعاً. وهكذا فإن عاصرات الفاكهة العاملة بتلك الطريقة تؤدي إلى فصل العصارة عن الثفالة بسرعة، لأنها سريعة الدوران. ومثل تلك السرعة أعلى بكثير في أجهزة تخصيب اليورانيوم منها في عاصرات الفاكهة. ومع ذلك فإن فرز النظيرين بواسطتها محدود، لأنهما غازان ممتزجان ولا يختلف ثقلهما كثيراً.

يتكوّن جهاز التخصيب بهذه الطريقة من مجموعة كبيرة من المواسير. كل واحدة منها كناية عن أسطوانة طويلة وضيقة، تُمَلَأ ببخار مركّب اليورانيوم UF₆ ، وتدور حول محورها بسرعة فائقة تزيد عن 60 ألف دورة في الدقيقة، أي أنها تفوق بأكثر من عشرة مرّات أسرع محرّكات السيارات دوراناً. وتساعد في دوران البخار داخل الأسطوانة خلاطات تدور معها.

ومن الضروري تسخين تلك الأسطوانات بالكهرباء لكي لا يترد البخار، فيتحوّل إلى سائل ثم يتجمّد.

يسلّط ذلك الدوران السريع قوة كبيرة على ذرات البخار، «تطرده» بعيداً عن محور الدوران المركزي. بذلك تبتعد الذرات

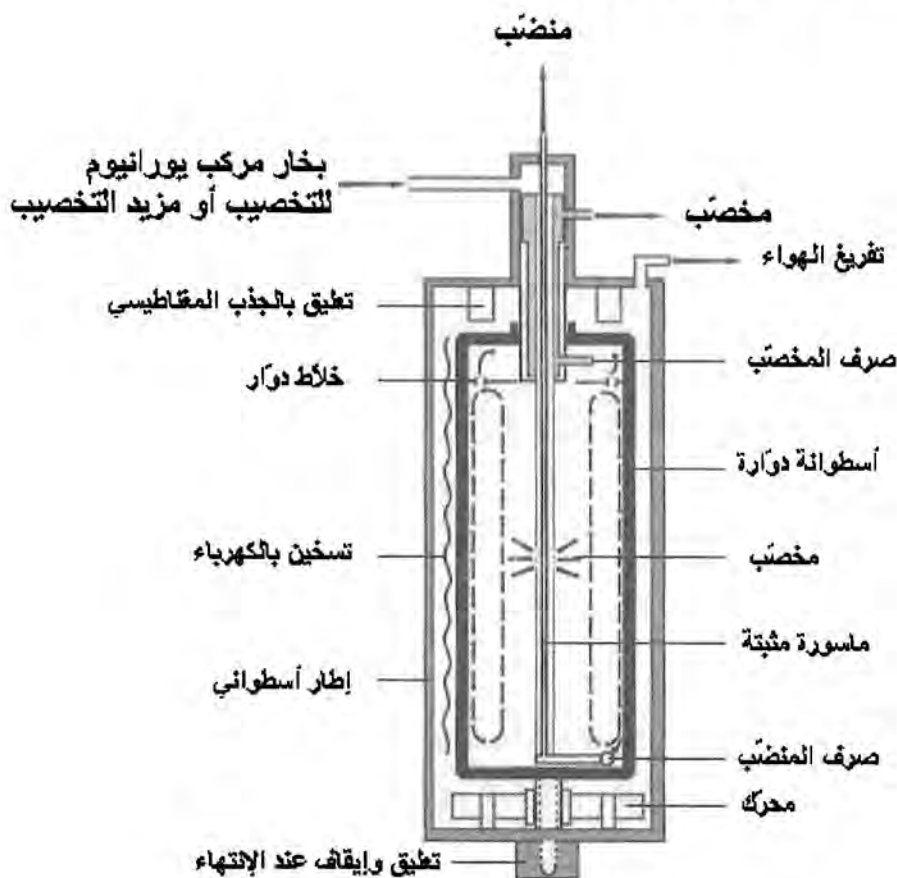
الثقيلة عن محور الأسطوانة أكثر من الذرات الأقل ثقلاً، وذلك يجعل نسبة مركب اليورانيوم 235، الأقل ثقلاً من مركب اليورانيوم 238، أعلى قليلاً من المتوسط بالقرب من محور الدوران، وأقل من ذلك المتوسط بالقرب من جدار الأسطوانة.

يُضخّ اليورانيوم المتوسط الخصوبة في الإسطوانة، ويُستخرج الجزء الأخصب من جوار محور الدوران، والأنضب من جوار محيطه. وفارق التخصيب بين هذين ضئيل، إلا أنه أفضل ممّا يتحصّل بوسائل التخصيب الأخرى. لذلك قد تكفي بضعة مئات المرات من تكرار تلك العملية للحصول على نسبة التخصيب المطلوبة، بدلاً من آلاف المرات بالوسائل الأخرى القديمة.

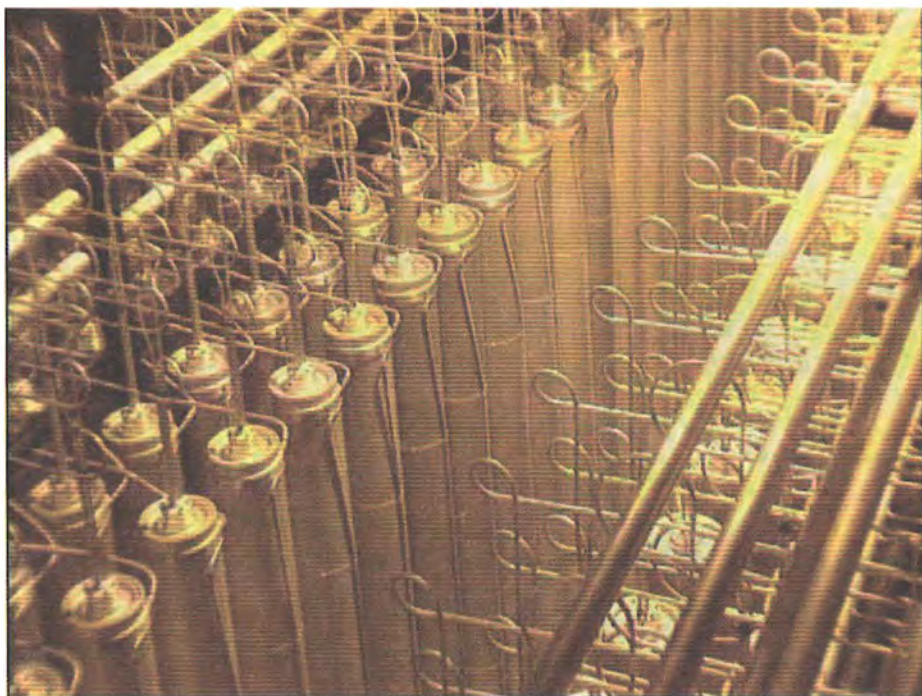
سرعة الدوران العالية لا تسمح بأن تتركز الأسطوانة على محور صلب أثناء دورانها، لئلا يتآكل معدنها عند موقع الاحتكاك. لذلك تُسلط عليها قوة رافعة مغناطيسية تجعلها تدور وهي معلقة في الهواء. وذلك يستدعي دقّة شديدة في الصنع، معظمها أسرار غير مذاكرة، لأن أقل إهتزاز يطرأ عليها يؤدي إلى تماسّ أجزائها وتحمّلها بسبب سرعة الدوران العالية التي لا بد منها لتحسين نسبة فرز نظيري اليورانيوم.

ورغم جميع الإحتياطات، تظل عملية تخصيب اليورانيوم دقيقة وبطيئة وغنيّة بالتفاصيل التقنية السريّة، فلا يتم إتقانها إلا بالممارسة وإدخال التحسينات على آلاتها، لاسيّما إذا كان المطلوب رفع سرعة الدوران للحصول على كمية غير زهيدة من اليورانيوم

العالي التخصيب خلال شهور، بدلاً من سنوات عديدة.
وما زالت الأبحاث جارية باستمرار لتحقيق تخصيب
اليورانيوم بفعالية أكبر، ودمج أكثر من وسيلة، إلا أن ذلك لم يؤدَّ
بعد لنتائج عملية موثوقة.



إحدى حلقات سلسلة تخصيب اليورانيوم



مواسير متصلة ببعضها على التوازي والتوالي
لتخصيب اليورانيوم بالطرد المركزي

المفاعلات المدنية والعسكرية

توجد حالياً أكثر من عشرة تصاميم مختلفة للمفاعلات الذرية العاملة، ومثل ذلك العدد تماماً لا يزال قيد التجربة، إلا أنها تتفق جميعها في المبادئ العلمية القائمة عليها، ولا تختلف إلا في تفاصيل هندستها.

تنقسم هذه المفاعلات إلى فئتين كبيرين، إحداها مدنية، للإستخدامات السلمية بتوليد الكهرباء، والأخرى عسكرية، للإستخدامات الحربية بتوليد معدن البلوتونيوم، وبالتالي لصنع الأسلحة النووية.

وهناك مفاعلات تقع بين هاتين الفئتين، وتصلح لكليهما، إلا أنها أجدي للإستخدامات السلمية.

بطبيعة الحال، أصبحت الأسرار الصناعية للمفاعلات السلمية مكشوفة في معظمها، بينما لا تزال تصميمات المفاعلات العسكرية سرية في كثير من تفاصيلها.

والواقع أن المفاعلات المدنية تولّد البلوتونيوم أيضاً، ولكن بكميات أقل من الأخرى المصمّمة لذلك، وقد تكون نوعية ذلك المعدن الذي تنتجه رديئة وغير صالحة لصنع الأسلحة النووية، لكثرة ما بها من النظير 240، المُفسد للتفجير الذري.

كذلك فإن المفاعلات العسكرية تولّد الطاقة الكهرباء، إلا أن تكلفتها الإجمالية عالية، فلا تصلح لمنافسة المولّدات التقليدية المصممة لتوليد الطاقة.

لذلك فإن الدول التي تسعى إلى صنع السلاح النووي سرّاً، ولا تأبه كثيراً لارتفاع تكلفة الإنتاج الأولي منه، تبدأ ذلك من خلال توليد البلوتونيوم بواسطة المفاعلات السلمية.

من الناحية التقنية، تختلف المفاعلات الذرية العسكرية عن المدنية في ثلاث من مواصفاتها: درجة تخصيب الوقود اللازم، نسبة إستعمال خافضات سرعة النيوترونات ونوع سائل التبريد. وهي مواصفات متشابكة فيما بينها.

الوقود المستعمل في معظم المفاعلات هو اليورانيوم المخصَّب. وعندما يُستنفذ ذلك الوقود، وتنتفي جدواه في إنتاج المزيد من الطاقة الكهربائية أو توليد البلوتونيوم بالنوعية المرجوة، يتحوّل إلى خليط من المعادن، معظمها من اليورانيوم الثقيل 238، ومنها معادن مختلفة أخرى لا فائدة منها، بل هي نفايات مؤذية لأنها تنشر حولها إشعاعات تتسبب بالأورام الخبيثة، ولكنها تحتوي أيضاً على نسبة ما من البلوتونيوم، قد تكون صالحة لصنع الأسلحة النووية.

لذلك فإن المفاعلات الذرية السلمية تُصمَّم بحيث يُولد الوقود فيها أكبر قدر ممكن من الطاقة قبل أن يُستنفذ، ولا ينظر إلى الوقود المستنفذ إلا من حيث هو نفايات ينبغي التخلص منها. أما المفاعلات العسكرية، فلا يكاد يُنظر إلى كمية الطاقة المتولّدة من الوقود، فغالباً ما لا تُستعمل تلك الطاقة إلا لتشغيل المفاعل نفسه وتغذية المباني الخاصة به بالكهرباء، بينما تولى أهمية كبيرة بكمية

ونوعية البلوتونيوم في الوقود المستنفذ، الذي لا يعود يُنظر إليه كنفائات، بل كخامات يستخرج منها ذلك المعدن الأساسي في إنتاج الأسلحة النووية.

والجدير بالذكر أن بعض المفاعلات يستعمل وقوداً ذرياً مكوّناً من خلائط مضغوطة، تحتوي على بعض أملاح البلوتونيوم إلى جانب اليورانيوم. ومثل تلك المفاعلات شائعة في أوروبا للاستخدامات السلمية، حيث تُستخرج الكميات القليلة من البلوتونيوم من الوقود المستنفذ في موقع تعدين مركزي واحد مشترك لعدة بلدان أوروبية، ثم يضاف إلى اليورانيوم.

وسبب توحيد مكان إستخراج البلوتونيوم من الوقود المستنفذ لأوروبا جمعاء، بدلاً من أن يستقل كل بلد بمثل هذا العمل هو، على ما يقال، خفض تكلفة عملية التعدين الباهظة التي تزيد من مقدارها الإحتياجات الشديدة والضرورية لحماية العاملين في الموقع، والبيئة من حولهم، من مفاعيل البلوتونيوم الشديد التسميم، والنفائات الذرية الأخرى.

إلا أنه لا يُستبعد أن يكون وراء ذلك سبب آخر، وهو الحرص على أن لا تقوم بعض تلك البلدان سراً بتحويل كميات من البلوتونيوم إلى إستعمالات عسكرية، لاسيما وأن الصناعة العسكرية النووية محرّمة على بعض تلك البلدان، مثل ألمانيا، وذلك بموجب المعاهدات التي فُرضت عليها بعد هزيمتها في الحرب العالمية.

درجة تخصيب الوقود، أي نسبة المادّة الفعّالة فيه، لا تزيد عن خمسة بالمائة في معظم المفاعلات المدنية. وغالباً ما تكون تلك المادّة هي اليورانيوم 235، إلا أنها قد تكون البلوتونيوم، أو كلا المادتين. أما في المفاعلات العسكرية فإن نسبة التخصيب تكون أعلى من ذلك، وقد تقرب من عشرين بالمائة، لأن ذلك أجدى في توليد البلوتونيوم.

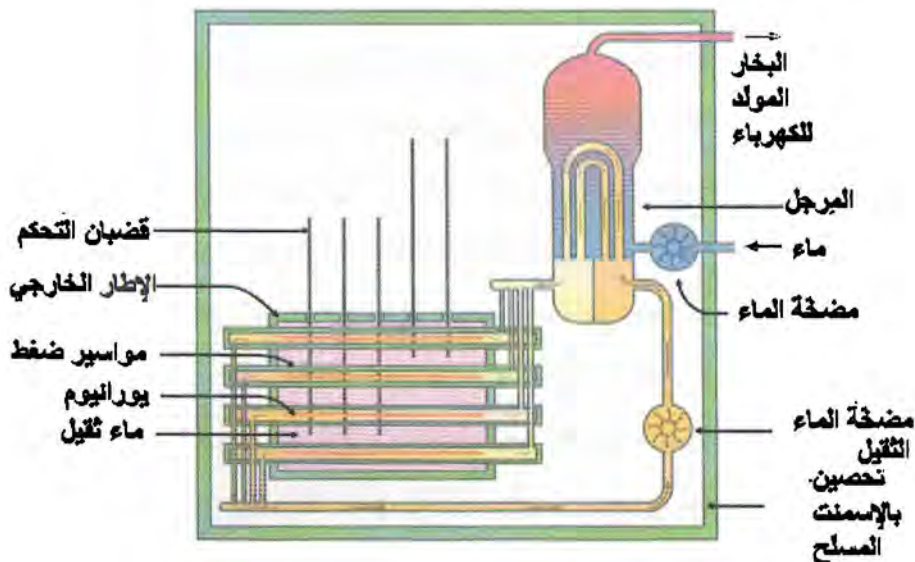
ولقد إشتهرت في الفترة الأخيرة مفاعلات سلمية كندية، إسمها «كاندو» (CANDU)، تعمل باليورانيوم الطبيعي، غير المخصّب. وسرّ تلك الشهرة أنه لا يكاد يكون عليها أي خطر، حيث لا حاجة معها لمعدّات التخصيب، وتلك المعدات هي أهم ركن في صناعة الأسلحة النووية.

لذلك إنتشر إستعمال تلك المفاعلات في بلدان عدّة، لاسيما وأن نفاياتها لا تكاد تحتوي على نسبة ملحوظة من البلوتونيوم الصالح للصناعة الحربية، ولذا فإن الوكالة الدولية للطاقة الذرية لا تشدد كثيراً في مراقبة تشغيلها.

إلا أن الجدوى الإقتصادية لتوليد الكهرباء بمفاعلات «كاندو» أقلّ من سواها، رغم توفير تكلفة تخصيب اليورانيوم، وذلك ما قد حدّ من الإقبال على التجهّز بها.

كلّما كان تخصيب الوقود منخفضاً، كما في مفاعلات «كاندو»، إشتدت الحاجة لتنشيط التفاعلات المولّدة للطاقة بإستعمال خافضات سرعة النيوترونات، وأفضل تلك الخافضات الماء الثقيل،

وهو مادة مرتفعة الثمن. أما في المفاعلات الحربية التي تولّد البلوتونيوم، فإن التخصيب العالي لوقودها يُعفي من إستعمال أمثال الماء الثقيل، ويزيد من توليد البلوتونيوم. وبالمقابل، فإن عملية التخصيب العالي شديدة التكلفة.



رسم تخطيطي لمولد نري كندي يعمل باليورانيوم غير المخصّب

في المفاعلات الذرية المدنية، غالباً ما يستعمل الماء الثقيل سائلاً لتبريدها. وبذلك فإنه يؤدي ثلاثة أغراض في آن واحد: إستخراج الطاقة الحرارية لتحويلها إلى كهرباء، تبريد المفاعل كي لا ترتفع درجة حرارته فتتضرر النار فيه، وتنشيط توليد الطاقة من خلال خفض سرعة النيوترونات الجامحة.

وبالمقابل، فإن خفض سرعة النيوترونات يؤدي إلى الحدّ من توليد البلوتونيوم، لاسيما النظير 239 منه، ويزيد نسبة النظير 240، فيُضعف من صلاحه لصنع الأسلحة النووية.

أما في المفاعلات العسكرية، فعلى سائل التبريد أن لا يُضعف من كمية توليد البلوتونيوم أو يُفسد نوعيته بزيادة نسبة النظير 240 فيه. لذلك كثيراً ما يقع الاختيار لتبريد مثل تلك المفاعلات على معدن «الصوديوم» الذي ينصهر على درجة حرارة 98، أي أقل من درجة غليان الماء، أو على الرصاص الذي ينصهر على درجة حرارة 327، أي دون معظم المعادن المعروفة!

وقد يبدو ذلك غريباً. إذ كيف يُستعمل معدن منصهر حار للتبريد، بدلاً من الماء العادي أو أي سائل بارد آخر؟

والجواب أن الحرارة مسألة نسبية، فحرارة الصوديوم المنصهر دون حرارة بخار الماء، وحرارة الرصاص المنصهر ليست شديدة الارتفاع، ولا تؤدّي بالتالي لإضرار النار فيما حولها. فالتبريد هنا يعني أن لا ترتفع حرارة جوف المفاعل لأكثر من 600 درجة مثلاً، وهذا ما يفعله الصوديوم أو الرصاص المنصهر، فهو يمتص الكثير من حرارة قلب المفاعل الذري إذا بلغت 600 درجة أو أكثر، وينتقل بها إلى حوض التبريد بالماء، وتنخفض بذلك حرارة المعدن المنصهر، إلا أنها تظل أعلى من درجة إنصهاره، ثم يعود لإستكمال دورة جديدة في تبريد جوف المفاعل.

ولا يستعمل الماء العادي لتبريد أغلب المفاعلات الذرية

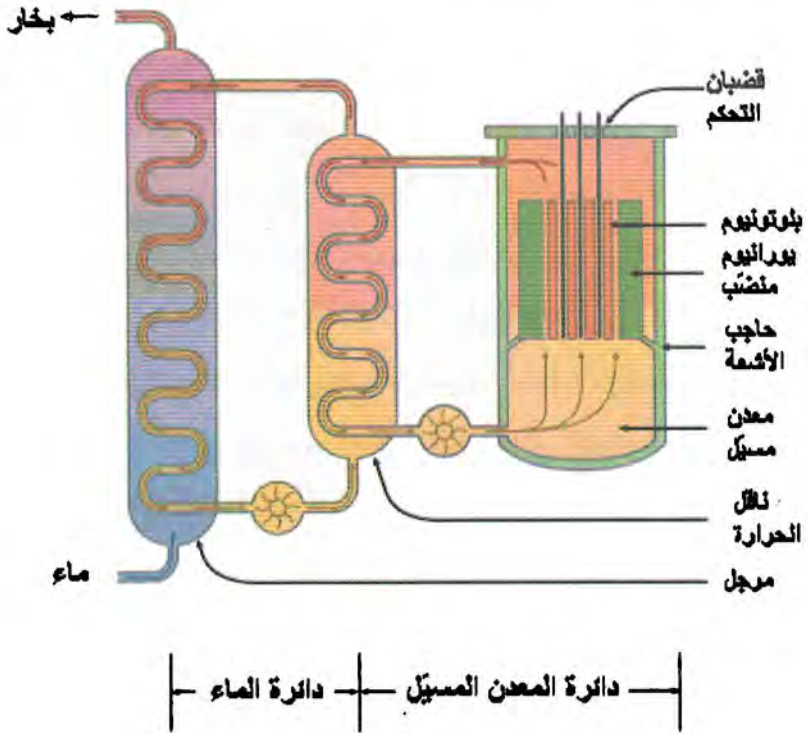
العسكرية، لأنه يخفض سرعة النيوترونات بعض الشيء، ويُضعف بالتالي توليد البلوتونيوم، ولو بدرجة أقل من نظيره الثقيل. والسوائل الأخرى قد تفعل فعل الماء في خفض مقدار توليد البلوتونيوم وإفساد نوعيته.

كذلك فإن للمعادن المنصهرة مزية هامة، وهي أنه يمكن ضخها بشدة عبر الجزء المتوقّد من المفاعل، بتسليط قوى مغناطيسية وكهربائية عليها من خارج المواسير التي تتدفق عبرها، دون الحاجة إلى محرك يدور بداخلها. وذلك يسرع كثيراً من سرعة الدوران، ويجعل عملية التبريد شديدة الفعّالية، كما يسهّل من تصميم المضخات وصنعها.

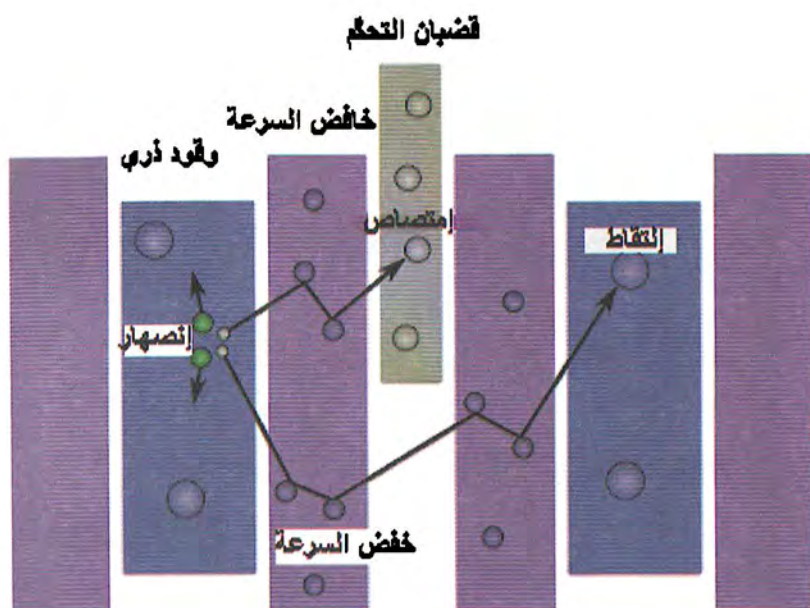
يسمح التبريد بالمعادن المنصهرة بالمحافظة على حرارة المفاعلات دون درجة 600 مثلاً. إلا أن تلك أعلى من حرارة التبريد بالماء بفارق ملحوظ، فهي قريبة نسبياً من درجة الخطر التي قد تؤدي إلى إحتراق المفاعل أو تفجيره. وهكذا فإن هامش التحكم بالحرارة في هذا النوع من المفاعلات ضيق، وعلى جهاز التحكم بعمل المفاعل أن يكون دقيقاً وفعّالاً، فيرفع مقدار ضخّ المعدن السائل بسرعة وبقوة لزيادة التبريد بمواجهة أي إرتفاع قد يحدث على حرارة جوف المفاعل، لإعادة تلك الحرارة إلى الدرجة المحدّدة لها.

لذا فإن أجهزة تحكّم كهذه عالية التكلفة، ولا تتناسب إلا مع الصناعة العسكرية التي تضع الأولوية للتفوّق بالسلاح، قبل التكلفة.

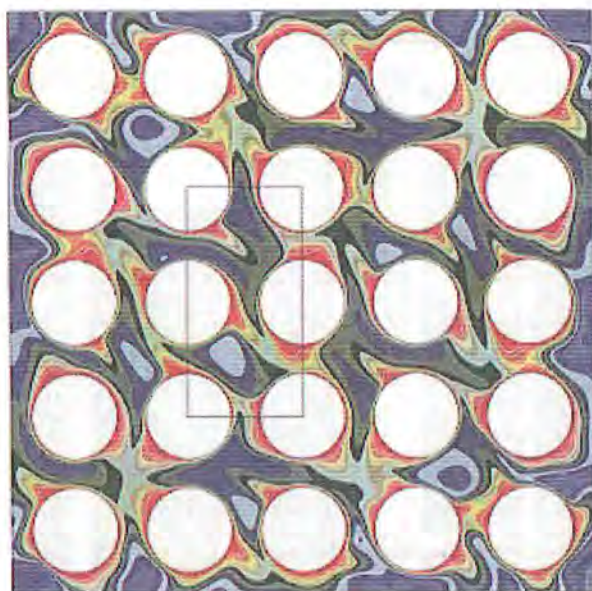
كثير من المفاعلات الذرية العسكرية يستعمل البلوتونيوم وقوداً له، فهو يستهلك قدرأ من ذلك المعدن، ثم يولّد مقدارأ أكبر منه نفسه، وذلك بتحويل اليورانيوم المنضب 238 إلى بلوتونيوم. لذلك توصف تلك المفاعلات بأنها كمزارع تربية (Breeding) الحيوانات والطيور، كأنها تُكاثر البلوتونيوم بالتوالد، واليورانيوم المنضب بالنسبة لها بمثابة العلف.



مفاعل ذري عسكري



التفاعلات في جوف مفاعل ذري



الحرارة ميّكة
بتدرّج الألوان



توزّع الحرارة في مواسير الوقود الذري وسائل التبريد

من ناحية أخرى، فإن المفاعلات الذرية العاملة بالوقود المخصّب بدرجة 20 بالمائة وأكثر، والمبرّدة بالمعادن المنصهرة، أصغر حجماً وأقل وزناً من المفاعلات العاملة بالوقود الضعيف التخصيب، والمبرّدة بالماء الثقيل أو العادي، بنسبة كبيرة. وتلك ميزة أخرى هامة يجعلها الوحيدة المؤهلة لتجهيز السفن، لاسيما الغوّصات، فهي أصغر تلك السفن، ولا تتحمّل محركات ثقيلة. وبطبيعة الحال، فإن مثل تلك المفاعلات محظورة على السفن التجارية، مع أنها قد تناسب الكبيرة منها على الأقل. وسبب الحظر أنها تولّد

معدن البلوتونيوم ذي الأهمية العسكرية بكمية ونوعية عاليتين، ولأنها تعتمد على أحدث التقنيات السرية، وما يتعلّق منها بصناعة الأسلحة النووية.

والجدير بالذكر أن المفاعلات الذرية ترفع من الخطورة الحربية للغوّاصات بشكل هائل، لاسيّما إذا كانت مجهزة بالأسلحة النووية.

ذلك أن الغوّاصات التقليدية لا تستطيع الإبحار طويلاً تحت سطح الماء، بل تحتاج بين الحين والآخر للإقتراب من ذلك السطح، وإخراج بوقها فوق الماء، لإدخال الهواء النقي الضروري لتشغيل محركاتها العاملة بالبترول، وإخراج الغازات المؤذية الخارجة من عوادم تلك المحركات، فضلاً عن الحاجة المماثلة لتنفس البحارة العاملين فيها. وذلك يعرضها لأن ينكشف أمرها ويسهل تدميرها. أمّا في الأعماق فإن كشفها صعب، وقصفها بالقنابل صعب أيضاً. والمفاعلات الذرية لا تحتاج للهواء في عملها، بل قد يُستفاد من الطاقة التي تولّدها في تنقية الهواء بداخل الغوّاصة، لتنفس البشر. وبذلك تستطيع مثل تلك الغوّاصات أن تتنقل في أعماق المحيطات شهوراً، وربّما أعواماً، بعيداً عن الأخطار، ولا تخرج للسطح إلا عندما تنهياً لإطلاق صاروخ مدمر. بل إن بعضها يستطيع إطلاق الصواريخ من داخل الماء.

وبين هذين الصنفين من المفاعلات، هنالك المفاعلات الذرية التي يتم تبريدها بالماء العادي.

لا فرق بين الماء العادي والماء الثقيل من حيث التبريد نفسه، وإنما الفرق في خفض سرعة النيوترونات الذي يؤدي إلى تنشيط التفاعلات الانشطارية، فيجعل من الممكن إستعمال وقود ضعيف الخصوبة، ويضعف بالمقابل توليد البلوتونيوم. والماء العادي دون الماء الثقيل خفضاً لتلك السرعة، ولكنه يفعل ذلك أكثر من المعادن المنصهرة. لذلك فإن المفاعلات المبرّدة به تحتاج لوقود مخصّب بنسبة قد لا تقل عن خمسة بالمائة، بمقابل ثلاثة بالمائة، أو أقل من ذلك، إذا كان التبريد بالماء الثقيل. ذلك بمقابل 20 بالمائة وأكثر في المفاعلات المبرّدة بالمعادن المنصهرة.

وبما أن الماء العادي أقل خفضاً لسرعة النيوترونات من الماء الثقيل، فإن المفاعلات المبرّدة بالماء العادي تولّد نسبة من البلوتونيوم أكبر مما يتم في المفاعلات العاملة بالماء الثقيل، وتكون نوعيته أصلح لصنع القنابل النووية. إلا أنها لا تبلغ مستوى المفاعلات العسكرية في توليد البلوتونيوم، لا كمّاً ولا نوعاً.

والواقع أن تبريد المفاعلات الذرية بالماء العادي منتشر في أمريكا بالنسبة للمفاعلات المدنية المولّدة للكهرباء، بل هو النمط السائد فيها. وتلك المفاعلات لا شك صالحة لتوليد البلوتونيوم كذلك، ممّا قد يتناسب مع سياسة أمريكا الداخلية، حيث يعاد إستعمال ذلك البلوتونيوم المتولّد وقوداً في تلك المفاعلات، مما يؤدي إلى خفض الحاجة إلى اليورانيوم المخصّب العالي التكلفة.

إلا أن تصدير المفاعلات المبرّدة بالماء العادي، إذا سمحت به

أمريكا، يضع الأسلحة النووية بمتناول من يتزود بها، وإن كان ذلك بكفاءة أقل من المفاعلات العسكرية المصممة أساساً لغرض توليد البلوتونيوم.

لذا فإن أمريكا لا تسمح بتصدير مفاعلاتها الذرية المدنية المبرّدة بالماء العادي، بل هي تسعى لمنع تصدير أمثال تلك المفاعلات من البلدان الأخرى التي تصنّع مثلها.

التصاميم التفصيلية الدقيقة للمفاعلات العسكرية لا تزال سرّية، إلا أنه لا يُتوقع أن تختلف كثيراً عن مثيلاتها المدنية، إلا بالنسبة لما هو مذكور أعلاه، وتلك الأخيرة كالتالي:

إذا نظرنا إلى جوف مفاعل ذريّ مدني فرنسي الصنع، وجدنا فيه مجموعة من المواسير، مصنوعة من بلوريات «الزيركونيوم» (Zirconium) الشديدة التحمّل للحرارة، وبداخل المواسير عدد كبير من قطع أسطوانية مصنوعة من الوقود المضغوط، المخصّب بنسبة ثلاثة بالمائة. المواسير مجموعة في حُزم غير متراصّة، والحُزم موضوعة في حوض مملوء بالماء الغنيّ بالنظير الثقيل، وما بينها قضبان من معدن آخر، تُسمّى قضبان التحكم، غالباً ما تكون مصنوعة من الفضة، الغاية منها كبح التفاعلات الذرية كما تقتضي الحاجة، لخفض حرارة المفاعل كلّما إرتفعت فوق الحدّ المعين لها.

رغم أن كتلة الوقود الذري كبيرة في المفاعلات المدنية، إذ يبلغ مجموع وزن الوقود في مواسير المفاعل الفرنسي الواحد حوالي

400 طن، إلا أن درجة خصوبتها المنخفضة تجعلها دون الكتلة الحرجة بنسبة ملحوظة، أي أن نسبة توالي أجيال التفاعلات فيها، ما دامت خارج حوض الماء الثقيل، دون ما يؤدي إلى إرتفاع كبير في كمية الطاقة المتولدة منها.

أما داخل الحوض، فإن الماء الثقيل يخفض سرعة النيوترونات الجامحة المنبعثة من التفاعلات الانشطارية، وذلك يرفع نسبة توالي أجيال تلك التفاعلات حتى تكاد تبلغ الحد الحرج، فتنبعث الطاقة الحرارية منها بغزارة.

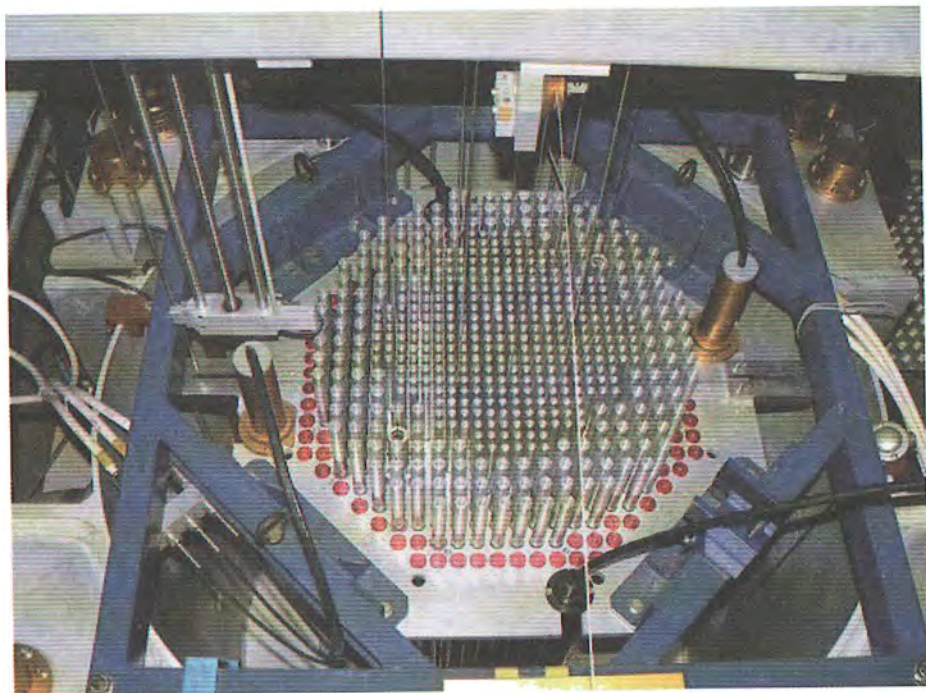
إلا أن حرارة الوقود وسائر أجزاء المفاعل من حوله تظل ضمن نطاق السيطرة، بسبب الماء الموجود في الحوض، الذي يعمل على تبريده، وبسبب «قضبان التحكم».

تقوم قضبان التحكم بإمتصاص النيوترونات، فتقطع سلاسل الإنشطارات التي تعترضها. فإذا كانت تلك القضبان غاطسة كلياً في الماء، فإنها تكبح التفاعلات الانشطارية بنسبة عالية، فلا تتولد من تلك التفاعلات سوى كمية ضئيلة من الطاقة، لا ترفع حرارة الوقود كثيراً، حتى وإن توقف ماء التبريد عن الدوران، بسبب عطل ما.

أما إذا كانت دورة التبريد غير معطّلة، فإن جهاز التحكم الآلي يتدخل برفع القضبان جزئياً من ماء الحوض، فيقلّ إمتصاصها للنيوترونات، وترتفع حرارة الماء الخارج من الحوض. ويظلّ جهاز التحكم الآلي يسحب القضبان إلى أعلى حتى تبلغ حرارة الماء

الخارج الدرجة المطلوبة لتوليد الكهرباء. وإذا زادت حرارة الماء عن الحرارة المطلوبة يقوم جهاز التحكم بالعملية المعاكسة، أي بترك القضبان تغطس في الحوض، حتى تعود الحرارة إلى حدّها المطلوب. والإحتياط يقضي بأنه إذا حدث عطل ما، مثل إنقطاع الكهرباء عن جهاز التحكم الآلي، أو تعطل مضخة ماء التبريد، فإن القضبان الممتصة للنيوترونات تسقط من تلقاء نفسها حتى أسفل الحوض، وتنخفض الحرارة المنبعثة إلى أدنى مستوى لها، فيتوقف المفاعل عن توليد الكهرباء، وذلك خير من إرتفاع الحرارة حتى وقوع حريق بالمحطة.

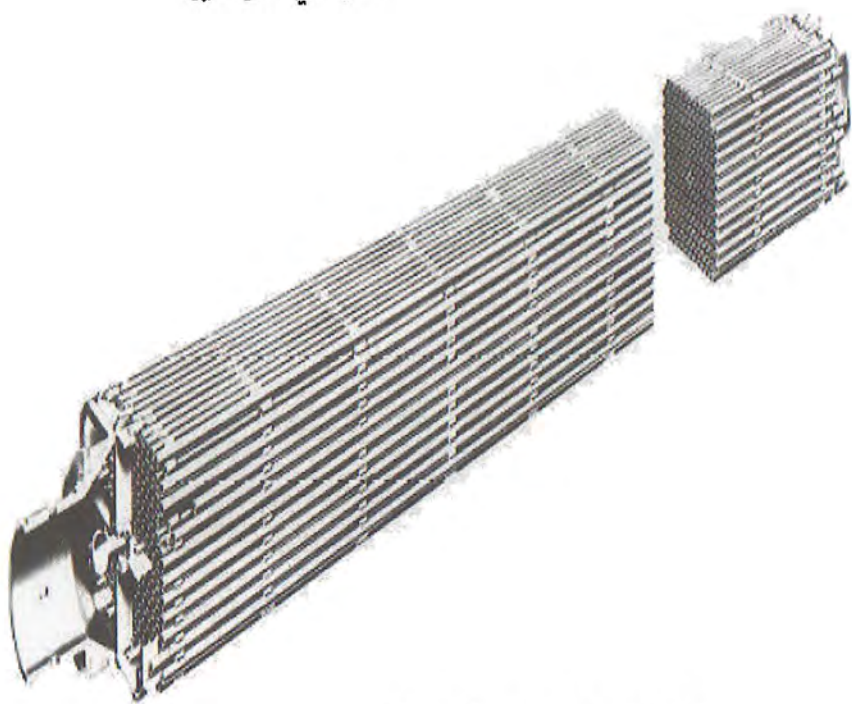
ولا تختلف تصاميم المفاعلات الأخرى عمّا هو مذكور هنا، إلا في بعض التفاصيل، وفي أن سائل التبريد قد يكون من الماء العادي، أو من معدن «الصوديوم» أو الرصاص المنصهرين. والصوديوم بالذات أجدى في تحقيق الغرض الصناعي العسكري، إلا أنه معدن شديد الخطورة، سريع الإلتهاب، حتى أنه يشتعل بملاقاة الماء، فالماء يضرم النار فيه بدلاً من أن يُطفئ حرارته! لذا فإن التبريد بالصوديوم لا يستعمل إلا في الصناعات العسكرية المعقّدة الدقيقة التصميم، والمزوّدة بأجهزة تحكم مأمونة وشديدة الفعالية، خوفاً من إندلاع حريق في المحطة، وربما لإنفجار ذري لوقود المفاعل، كما حدث في كارثة محطة «تشيرنوبيل» بأكرانيا عام 1986.



قلب مفاعل نري تظهر فيه المواسير المحتوية على اليورانيوم المخصب
وبعض قضبان التحكم



أسطوانة صغيرة من الوقود النووي
تعبأ في المواسير



حزمة مواسير الوقود النووي



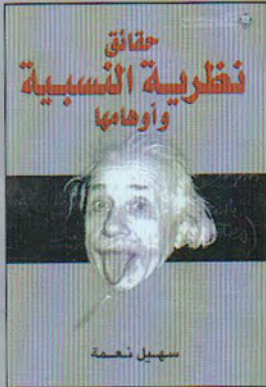
محطة تشيرنوبل بأوكرانيا بعد انفجارها
وقبل تغليفها بالأسمنت

هذا الكتاب،

يضع بين أيدي القراء أهم الأسرار العلمية والخفايا السياسية للصناعة الذرية، المدنية منها والعسكرية. من أصولها في البلدان الكبرى... وعلى رأسها أميركا... حتى فروعها في البلدان المتوسطة... وفي طليعتها إيران.

الناشر

صدر للمؤلف



جميع كتبنا متوفرة على
شبكة الإنترنت

نيل وفرات. كوم
www.neelwafurat.com

توزيع
الدار العربية للعلوم - ناشرون
Arab Scientific Publishers, Inc.
www.asp.com.lb

ص.ب. 5574-13 شوران بيروت - لبنان
هاتف 9611-7851078 فاكس: 9611-786230
البريد الإلكتروني: asp@asp.com.lb